

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

RAFAEL JUSTINO DE JESUS

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA DA
SUPERFÍCIE TERRESTRE DO MUNICÍPIO DE CARIACICA (ES) EM
1985 E 2013**

VITÓRIA

2016

RAFAEL JUSTINO DE JESUS

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA DA
SUPERFÍCIE TERRESTRE DO MUNICÍPIO DE CARIACICA (ES) EM
1985 E 2013**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia, na área de concentração Dinâmica da Natureza.

Orientador: Prof.º Dr. André Luiz Nascentes Coelho.

VITÓRIA

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

J58a Jesus, Rafael Justino de, 1990-
Avaliação do comportamento da temperatura da superfície
terrestre do município de Cariacica (ES) em 1985 e 2013 / Rafael
Justino de Jesus. – 2016.
176 f. : il.

Orientador: André Luiz Nascentes Coelho.
Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal
do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Sensoriamento remoto. 2. Sistemas de informação
geográfica. 3. Temperatura atmosférica - Cariacica (ES). I.
Coelho, André Luiz Nascentes, 1971-. II. Universidade Federal do
Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. III.
Título.

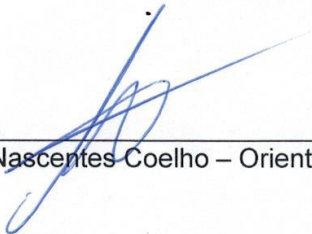
CDU: 91

“AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE TERRESTRE DO MUNICÍPIO DE CARIACICA (ES) EM 1985 E 2013.”

RAFAEL JUSTINO DE JESUS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Aprovada em 04 de Julho de 2016.



Prof. Dr. André Luiz Nascentes Coelho – Orientador – UFES



Prof. Dr. Edson Soares Fialho – UFES



Prof. Dr. Raul Sánchez Vicenz – UFF

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela sabedoria, força e por estar presente comigo em todos os momentos. Que o ETERNO seja louvado!

A minha mãe pela confiança e paciência. Ao meu pai por ser o motorista nas campanhas de campo e por desbravar comigo muitos locais de Cariacica que ainda não conhecíamos. A minha irmã e aos meus queridos sobrinhos Daniel e Elis. Dedico esta vitória a vocês! Eu amo vocês!

Ao meu orientador Professor Dr. André Luiz Nascentes Coelho. Obrigado por acreditar em mim e por oportunizar os primeiros passos na vida acadêmica através das iniciações científicas e o mestrado.

Ao Mestre e amigo Wesley Correa por contribuir com minha pesquisa inúmeras vezes. Obrigado pela disponibilização do seu tempo nas orientações e reflexões. Obrigado! Muito obrigado!

A Professora Dra. Cláudia Câmara do Vale por me emprestar à obra do professor Monteiro (1976). Ao Professor Dr. Edson Soares Fialho pela disponibilização das cartas sinóticas de 1985 e pelas orientações no processo da qualificação e redação final. Ao Professor Dr. Raúl Sánchez Vicenz pelas ricas observações na minha pesquisa.

Aos meus colegas de trabalho Professor Ewerton Fonseca pelas contribuições na língua inglesa e ao Professor Héber Ferreira pelas contribuições nas correções de língua portuguesa.

A minha colega de graduação e mestrado Julia Effgen pela ajuda na compreensão da validação dos mapas de uso e cobertura da terra.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia e as secretárias Izadora e Luciana. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de estudos.

A todos os amigos da turma 2014/01.

Deus amou tanto o mundo que deu seu Filho, seu único filho, pela seguinte razão: para que ninguém precise ser condenado; para que todos, crendo nele, possam ter vida plena e eterna. **João 3:16 – A Mensagem: Bíblia em Linguagem Contemporânea / Eugene H. Peterson.**

RESUMO

Esta dissertação de mestrado objetiva-se em avaliar o comportamento da Temperatura da Superfície Terrestre e identificar as possíveis Ilhas de Calor e Frescor de Superfície no Município de Cariacica - ES, correlacionando tais comportamentos frente às transformações no uso e cobertura da terra em 1985 e 2013. As avaliações foram subsidiadas pela proposta metodológica vinculada as geotecnologias - sobretudo o Sensoriamento Remoto, através das imagens dos satélites *Landsat-5* e *Landsat-8*. A Temperatura da Superfície Terrestre foi obtida através dos coeficientes de calibração descritos por Chander et. al (2009), USGS (2015) e a sequencia metodológica utilizada por Collischonn (1998) e Silva (2014) que consideraram o fator emissividade na sua obtenção. Já o mapeamento do uso e cobertura da terra foi realizado através do classificador automático e híbrido MAXVER e as classes foram orientadas pelo Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE, tais como: Afloramento de Rocha, Cobertura Vegetal, Corpo D'Água, Malha Urbana, Pastagem/Solo Exposto e Sombra. Destaca-se que os procedimentos técnicos foram processados pelo *software* ArcMap 10.1 – vinculado ao Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias da Universidade Federal do Espírito Santo. Os resultados evidenciaram uma associação entre os intervalos mais quentes da temperatura com as classes Malha Urbana e Pastagem/Solo Exposto, sobretudo através do adensamento da área urbana presenciada em 2013; Já as áreas de temperaturas mais amenas foram significativamente associadas com as classes Cobertura Vegetal e Corpo D'água. Espacialmente a área urbana foi aquela que registrou as maiores temperaturas e a área rural as mais amenas, todavia as Ilhas de Calor de Superfície foram identificadas em ambas às superfícies e distribuídas sem uma organização espacial. Neste sentido consideram-se as informações oriundas das técnicas de Sensoriamento Remoto como importantes ferramentas para subsidiar e complementar análises de clima urbano, além disso, podem ser utilizadas para o planejamento urbano de forma a orientar possíveis zoneamentos frente ao comportamento preteritamente encontrado num determinado espaço.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informação Geográfica, Temperatura da Superfície Terrestre, Cariacica.

ABSTRACT

The objective of this master's dissertation is to evaluate the behavior of the Earth's surface temperature and identify potential s Surface Heat and Freshness Island of the Municipality of Cariacica - ES, and correlating those behaviors facing the transformations in the use and Earth cover in 1985 and 2013. The assessments were funded by the proposed methodology linked to the geo-technologies - especially Remote Sensing, through the images of the satellites Landsat-5 and Landsat-8. The Surface Temperature was obtained through the coefficients of the calibration described by Chander et. al (2009), USGS (2015) and the sequence methodological used by Collischonn (1998) and Silva (2014) that considered the emissivity factor in obtaining. The mapping of use and land cover was carried out through the classifier and the automatic hybrid MAXVER, and the classes were guided by the Technical Manual-Use and Land-Cover of the IBGE, such as: Rock Outcropping, Vegetation Cover, Water Body, Urban, Pasture/Exposed Soil, and Shadow. It should be noted that the technical procedures have been processed by the software ArcMap 10.1 – linked to the Laboratory of Cartography and Geographical and geo-technologies at the Federal University of the Espirito Santo. The results showed an association between the intervals of warmer temperature with the classes Urban and Pasture/Exposed Soil, mainly through the densification of the urban area witnessed in 2013; the areas of more moderate temperatures were significantly associated with the classes in the Vegetation Cover and Water Body. Spatially, the urban area was the one that registered the highest temperatures and the rural area the more mild ones, however, the cores of the heat of the surface have been identified on both the surfaces and distributed without a spatial organization. In this sense, consider-if the information coming from Remote Sensing techniques as important tools to support and complement the analysis of urban climate, in addition, can be used for urban planning so as to guide potential zoning front of the behavior found earlier in a given space.

Keywords: Remote Sensing, Geographic Information System, Surface Temperature, Cariacica.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Mapa de Localização do Município de Cariacica no Espírito Santo e na RMGV | 07 |
| Figura 2 – Regionalização do Município de Cariacica | 08 |
| Figura 3 – Unidades Geomorfológicas de Cariacica | 10 |
| Figura 4 – Hipsometria do Município de Cariacica | 12 |
| Figura 5 – Perfil Hipsométrico do Município de Cariacica..... | 12 |
| Figura 6 – Fatores que Influenciam na Formação do Clima Urbano | 16 |
| Figura 7 – Diagrama Básico do S.C.U | 19 |
| Figura 8 – Subsistema Termodinâmico com destaque para o Uso do Solo | 22 |
| Figura 9 – Tipos de Ilhas de Calor | 25 |
| Figura 10 – Janelas Atmosféricas com destaque para a região do Infravermelho Termal | 30 |
| Figura 11 – Espectro Eletromagnético com destaque para a região do Infravermelho | 31 |
| Figura 12 – TST e TA | 37 |
| Figura 13 – Linha do tempo da série <i>Landsat</i> , iniciada em 1972..... | 40 |
| Figura 14 – Diagrama síntese das etapas da pesquisa | 51 |
| Figura 15 – Chaves de interpretação e correção do Uso e Cobertura da Terra | 56 |
| Figura 16 – Exemplos de amostras para a classificação do Uso e Cobertura da Terra | 57 |
| Figura 17 – Transformação das amostras de classe em assinatura espectral..... | 58 |
| Figura 18 – Procedimento de classificação supervisionada utilizando o MAXVER | 59 |
| Figura 19 – Procedimento de correção da classificação supervisionada do Uso e Cobertura da Terra..... | 61 |
| Figura 20 – Comando para calculadora raster | 65 |
| Figura 21 – Áreas de avaliação da TST..... | 66 |
| Figura 22 – Composição falsa cor vermelha 27/06/1985 e 27/08/2013 com destaque para as áreas circuladas..... | 68 |
| Figura 23 – Composição falsa cor vermelha 27/06/1985 e 27/08/2013 com destaque para as áreas circuladas..... | 68 |
| Figura 24 – Cultivo de café e banana. Zona rural de Cariacica-ES, nas imediações do bairro Novo Brasil..... | 69 |
| Figura 25 – Malha Urbana assentada sobre os Tabuleiros Costeiros em primeiro plano. Bairro São Conrado, Cariacica – ES..... | 70 |
| Figura 26 – Porto Seco – TERCA. Bairro Porto Engenho, Cariacica – ES | 71 |

| | |
|---|-----|
| Figura 27 – Uso e Cobertura da Terra de Cariacica em 1985 e 2013..... | 73 |
| Figura 28 – Uso e Cobertura da Terra de Cariacica em 1985 e 2013..... | 73 |
| Figura 29 – Monte Moxuara. Bairro Antônio Ferreira Borges..... | 78 |
| Figura 30 – Identificação do Manguezal na porção extremo nordeste de Cariacica..... | 79 |
| Figura 31 – Vegetação do tipo densa (Ecossistema Manguezal). Bairro Nova Canaã, Cariacica-ES | 80 |
| Figura 32 – Transformações na Malha Urbana de Cariacica entre 1978 a 2012..... | 82 |
| Figura 33 – Transformações na Malha Urbana da regional 4 | 83 |
| Figura 34 – BR-262 nas imediações dos Bairros: São Francisco, Vila Capixaba e Campo Grande | 84 |
| Figura 35 – Transformações na Malha Urbana da porção norte e nordeste de Cariacica | 85 |
| Figura 36 – Cartas sinóticas dos dias 22, 23 e 24 de junho de 1985 as 12 UTC..... | 87 |
| Figura 37 – Cartas sinóticas dos dias 25, 26 e 27 de junho de 1985 as 12 UTC..... | 88 |
| Figura 38 – Cartas sinóticas e imagens meteorológicas dos dias 22, 23 e 24 de agosto de 2013 as 12 UTC..... | 89 |
| Figura 39 – Cartas sinóticas e imagens meteorológicas dos dias 25, 26 e 27 de agosto de 2013 as 12 UTC..... | 90 |
| Figura 40 – Temperatura da Superfície Terrestre de Cariacica em 27/06/1985..... | 93 |
| Figura 41 – Monte Moxuara visto do Bairro Novo Brasil/Cariacica | 94 |
| Figura 42 – Comportamento da TST na Área 1 em 1985 | 95 |
| Figura 43 – Comportamento da TST na Área 2 em 1985..... | 97 |
| Figura 44 – Empreendimentos comerciais nas proximidades da BR-262..... | 98 |
| Figura 45 – Galpões instalados nas proximidades da BR-262 | 98 |
| Figura 46 – Fábrica Braspérola S/A | 99 |
| Figura 47 – Comportamento da TST na Área 3 em 1985 | 100 |
| Figura 48 – Comportamento da TST na Área 4 em 1985..... | 103 |
| Figura 49 – Solo estritamente exposto nas imediações da BR-101..... | 104 |
| Figura 50 – Comportamento da TST na Área 5 em 1985 | 105 |
| Figura 51 – Comportamento da TST na Área 6 em 1985 | 107 |
| Figura 52 – Processo de reflorestamento e plantio de monocultura na região da REBIO Duas Bocas..... | 107 |
| Figura 53 – Comportamento da TST na Área 7 em 1985 | 109 |
| Figura 54 – Comportamento da TST na Área 8 em 1985 | 110 |
| Figura 55 – Temperatura da Superfície Terrestre em 27/08/2013..... | 111 |

| | |
|--|-----|
| Figura 56 – Comportamento da TST na Área 1 em 2013 | 113 |
| Figura 57 – Comportamento da TST na Área 2 em 2013 | 115 |
| Figura 58 – Vista do Bairro Alto Dona Augusta (em processo de consolidação) em segundo plano..... | 116 |
| Figura 59 – Regional 4 de Cariacica em Primeiro Plano. | 116 |
| Figura 60 – Fachada do <i>Shopping Moxuara</i> | 117 |
| Figura 61 – Arborização presente nas proximidades do complexo industrial em Jardim América | 118 |
| Figura 62 – Galpões do empreendimento industrial no bairro Jardim América | 119 |
| Figura 63 – Comportamento da TST na Área 3 em 2013 | 120 |
| Figura 64 – Cobertura Vegetal (Mangue) nas proximidades dos bairros Porto Novo e Área Não Identificada 2/2 | 122 |
| Figura 65 – Comportamento da TST na Área 4 em 2013 | 122 |
| Figura 66 – Exemplo de sombreamento causado pelas nuvens | 124 |
| Figura 67 – Comportamento da TST na Área 5 em 2013 | 125 |
| Figura 68 – Terminais retroportuários localizados a margem da BR-101 | 125 |
| Figura 69 – Comportamento da TST na Área 6 em 2013 | 127 |
| Figura 70 – Comportamento da TST na Área 7 em 2013 | 128 |
| Figura 71 – Comportamento da TST na Área 8 em 2013 | 130 |
| Figura 72 –Traçado Perfil “A-B” em 1985 com objetivo de registrar TST com base nos Usos e Coberturas e nos níveis altimétricos | 131 |
| Figura 73 – Perfil “A-B” da TST (°C) da Imagem Termal <i>Landsat-5</i> , em 27/06/1985, registrando variações conforme Usos e Coberturas da Terra..... | 131 |
| Figura 74 – Imagem da Área do Perfil “A-B” em anos próximos a 1985..... | 132 |
| Figura 75 – Mapa do Perfil da TST e Topografia “C-D” em 1985 | 134 |
| Figura 76 – Perfil da TST e Topografia “C-D” da Imagem Termal/ <i>Landsat-5</i> , em 27/06/198..... | 134 |
| Figura 77 – Traçado do Perfil “A-B” em 2013 com objetivo de registrar TST com base nos Usos e Coberturas e nos níveis altimétricos | 136 |
| Figura 78 – Perfil “A-B” da TST (°C) da Imagem Termal <i>Landsat-8</i> , em 27/08/2013 registrando variações conforme Usos e Coberturas da Terra..... | 136 |
| Figura 79 – Galpões de armazenamento do terminal intermodal da TORA no Espírito Santo | 137 |
| Figura 80 – Terminal Rodoviário de Itacibá | 138 |

| | |
|---|-----|
| Figura 81 – Galpões do IFES do <i>Campus</i> Cariacica | 138 |
| Figura 82 – Mapa do Perfil da TST e Topografia “C-D” em 2013 | 139 |
| Figura 83 – Perfil da TST e Topografia “C-D” da Imagem Termal/ <i>Landsat</i> -8, em 27/08/2013 registrando variações conforme Usos e Coberturas da Terra | 139 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|-----|
| Gráfico 1 – Uso e Cobertura da Terra para 1985 (%) | 75 |
| Gráfico 2 – Uso e Cobertura da Terra para 2013 (%) | 77 |
| Gráfico 3 – Evolução temporal da pressão atmosférica (mbar) em superfície e da TA (°C) no período de 22 a 29 de agosto de 2013 com destaque para o momento próximo a passagem do satélite..... | 91 |
| Gráfico 4 – Proporção da TST (%) em 1985..... | 141 |
| Gráfico 5 – Proporção da TST (%) em 2013..... | 142 |
| Gráfico 6 – Percentuais de Uso e Cobertura da Terra em relação aos intervalos das temperaturas em 1985..... | 144 |
| Gráfico 7 – Percentuais de Uso e Cobertura da Terra em relação aos intervalos das temperaturas em 2013..... | 144 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Principais aplicações do SR..... | 27 |
| Tabela 2 – Regiões do espectro eletromagnético com destaque para a radiação visível e infravermelha..... | 32 |
| Tabela 3 – Emissividade para diversos materiais na faixa espectral do infravermelho termal | 35 |
| Tabela 4 – Características do satélite <i>Landsat-5</i> | 41 |
| Tabela 5 – Características do Satélite <i>Landsat-8</i> | 42 |
| Tabela 6 – Relação dos planos de informações utilizados no estudo..... | 52 |
| Tabela 7 – Relação das imagens dos satélites <i>Landsat-5</i> e 8 utilizadas no estudo..... | 52 |
| Tabela 8 – Dados meteorológicos - 12:00 UTC..... | 53 |
| Tabela 9 - Coeficiente Kappa e níveis de classificação..... | 61 |
| Tabela 10 – Elementos e valores da fórmula de conversão para radiância do <i>Landsat-5</i> | 63 |
| Tabela 11 – Elementos e valores da fórmula de conversão para radiância do <i>Landsat-8</i> | 63 |
| Tabela 12 – Elementos e valores da constante de calibração extraídos das imagens <i>Landsat-5</i> e 8..... | 63 |
| Tabela 13 – Matriz de Erro – 1985..... | 71 |
| Tabela 14 – Matriz de Erro – 2013..... | 72 |
| Tabela 15 – Área e percentual do Uso e Cobertura da Terra de Cariacica-ES – 1985/2013 | 74 |

LISTA DE SIGLAS

ASAS – Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul
BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
CEASA/ES – Centrais de Abastecimento do Espírito Santo
CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
FF – Frente Fria
IAF – Índice de Área Foliar
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
MAXVER – Máxima Verossimilhança
NASA - *Aeronautics and Space Administration*
NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
POT – Plano de Organização Territorial
REM – Radiação Eletromagnética
RMGV – Região Metropolitana da Grande Vitória
SCU – Sistema Clima Urbano
SEBAL - *Surface Energy Balance Algorithms for Land*
SIG – Sistemas de Informações Geográficas
SR – Sensoriamento Remoto
SSA – Sistema Superfície Atmosfera
TA – Temperatura do Ar
TGS – Teoria Geral dos Sistemas
TST – Temperatura da Superfície Terrestre
TSUC – Temperatura da Superfície Urbana Completa
UC-REBIO – Unidade de Conservação Reserva Biológica de Duas Bocas
USGS – Serviço Geológico Americano
ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 01 |
| 1.1 Justificativas..... | 04 |
| 1.1.1 Por que Cariacica?..... | 04 |
| 1.1.2 Por que o Sensoriamento Remoto e as imagens <i>Landsat-5</i> e <i>Landsat-8</i> ?..... | 05 |
| 2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 07 |
| 2.1 Localização da área de estudo..... | 07 |
| 2.2 Caracterização da área de estudo | 08 |
| 2.2.1 Caracterização climática..... | 08 |
| 2.2.2 Caracterização geológico-geomorfológica..... | 09 |
| 3 ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL | 13 |
| 3.1 As transformações no espaço urbano | 13 |
| 3.2 O clima urbano..... | 15 |
| 3.2.1 O Sistema Clima Urbano – S.C.U..... | 17 |
| 3.2.2 O subsistema termodinâmico | 20 |
| 3.2.3 As Ilhas de Calor | 23 |
| 3.3 As geotecnologias | 26 |
| 3.3.1 Breve histórico do Sensoriamento Remoto | 26 |
| 3.3.2 Fundamentos do Sensoriamento Remoto | 29 |
| 3.3.3 A região do infravermelho termal | 33 |
| 3.3.4 A Temperatura da Superfície Terrestre | 36 |
| 3.3.5 O programa <i>Landsat</i> | 39 |
| 3.3.6 Síntese dos estudos de clima urbano que utilizaram imagens de Sensoriamento Remoto na mensuração e identificação da Temperatura da Superfície Terrestre | 42 |
| 4 MATERIAIS E MÉTODOS..... | 51 |
| 4.1 Materiais..... | 52 |
| 4.1.1 Planos de informações..... | 52 |
| 4.1.2 Imagens de satélite | 52 |
| 4.1.3 Dados da estação meteorológica | 52 |
| 4.2 Procedimentos Metodológicos (Técnicas de SIG e SR) | 54 |
| 4.2.1 Padronização do Sistema de Coordenadas | 54 |
| 4.2.2 Composição das Bandas | 54 |

| | |
|--|-----|
| 4.2.3 Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra | 54 |
| 4.2.4 Validação do mapeamento do Uso e Cobertura da Terra..... | 59 |
| 4.2.5 Mapeamento da Temperatura de Superfície Terrestre | 61 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 67 |
| 5.1 As transformações no Uso e Cobertura da Terra no Município de Cariacica entre os anos 1985 e 2013..... | 67 |
| 5.2 Avaliações atmosféricas e de superfície em 1985 e 2013..... | 86 |
| 5.3 Avaliações do comportamento da Temperatura da Superfície Terrestre..... | 91 |
| 5.3.1 Comportamento da Temperatura da Superfície Terrestre para a porção rural de Cariacica no ano de 1985 | 106 |
| 5.4 Comportamento da Temperatura da Superfície Terrestre no ano de 2013 | 110 |
| 5.4.1 Comportamento da Temperatura da Superfície Terrestre para a porção rural de Cariacica no ano de 2013 | 126 |
| 5.5 Traçados dos perfis da Temperatura da Superfície Terrestre com relação ao Uso e Cobertura da Terra e a topografia em 1985..... | 130 |
| 5.6 Traçados dos perfis da Temperatura da Superfície Terrestre com relação ao Uso e Cobertura da Terra e a topografia em 2013..... | 134 |
| 5.7 Proporções da Temperatura da Superfície Terrestre com relação ao Uso e Cobertura da Terra em 1985 e 2013 | 141 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 148 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 153 |

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das atividades econômicas, tecnológicas e questões relacionadas à medicina oportunizaram um intenso crescimento da população mundial e a formação dos primeiros grandes aglomerados urbanos. Em terras brasileiras, a dinâmica urbana é impulsionada por meio da transformação da base econômica, apostando e adotando a ideia da industrialização (SANTOS, 2008). Assim, o novo alicerce econômico assentado na industrialização desencadeou processos como a urbanização que se apresentou especialmente por meio do crescimento do contingente populacional sobre as capitais e cidades médias (SANTOS, 2008).

Entretanto a realidade brasileira e dos países em fase de desenvolvimento mostra uma urbanização que não é em sua totalidade originada com planejamento seja ele social, econômico ou principalmente ambiental (MONTEIRO, 1976; LOMBARDO, 1985). Presencia-se cotidianamente uma série de impactos causados pela ação transformadora do homem sobre o meio natural (SANTOS, 2008).

A urbanização e a industrialização tem a alteração do clima local através das transformações na superfície como uma das principais problemáticas (LANDSBERG, 2006). Tais fatores influenciam na intensificação da produção de calor realizada pela própria cidade, desde o metabolismo dos seres humanos e animais até aquele que é liberado pelos altos fornos industriais que são substanciados pelas centenas de milhões de veículos movidos por motores de combustão interna (AMORIM, 2000; LANDSBERG, 2006).

As alterações em superfície provocadas pela industrialização e urbanização podem alterar balanço de radiação em função da supressão dos materiais naturais para a entrada de materiais urbanos – complexo de substâncias rochosas como pedra, tijolo e concreto (LANDSBERG, 2006), podendo provocar transformações nos processos de difusão, absorção e reflexão de radiação solar na atmosfera e estimular alterações climáticas em escalas regionais e locais que comportam desde o meio interurbano até um aglomerado urbano ou uma grande área de expansão agrícola (OKE, 1976, 1987; BRANDÃO, 2003; FIALHO, 2009).

As transformações no uso e cobertura da terra - principalmente no que concerne à impermeabilização do solo, supressão da vegetação, concentração das atividades antrópicas, alteração do fluxo dos ventos desencadeada pela geometria das verticalizações e a poluição atmosférica, consistirão num dos principais fatores que podem desencadear alterações nos

elementos do clima, especialmente na temperatura do ar que apresenta as chamadas Ilhas de Calor como um de seus produtos finais, provocando efeitos diretos relacionados ao conforto térmico (LOMBARDO, 1985; OKE, 1987; MONTEIRO, 2003; CORREA, 2014).

Pautado na existência de cinco métodos básicos de mensuração das Ilhas de Calor e consequentemente do campo térmico (GARTLAND, 2010) empregou-se neste trabalho as técnicas de Sensoriamento Remoto – SR, como subsídio ao conhecimento do comportamento da Temperatura da Superfície Terrestre – TST e tendo como proposta os seguintes questionamentos: Como é o campo térmico de superfície (TST) do Município de Cariacica mensurado através das imagens dos satélites *Landsat-5* e *8*? Qual encadeamento presente entre a intensificação da Malha Urbana de Cariacica e o aumento da TST? Qual a participação dos elementos urbanos e naturais na intensidade da TST e na formação das possíveis Ilhas de Calor de Superfície e Ilhas de Frescor de Superfície?

Para responder a cada uma das problemáticas o objetivo geral da pesquisa centra-se em avaliar o comportamento da TST por meio de geotecnologias, relacionando as mudanças no uso e cobertura da terra com a variação da TST, no período sazonal de inverno, para o horário de passagem dos satélites *Landsat-5* e *Landsat-8* durante os anos de 1985 e 2013. Já como objetivos específicos pretende-se:

1. Cartografar o uso e cobertura da terra de 1985 e 2013 por meio do algoritmo de classificação supervisionada da Máxima Verossimilhança - MAXVER nas imagens do *Landsat-5* e *8*;
2. Cartografar a distribuição da TST para os anos de 1985 e 2013 entre o período sazonal do inverno por meio das imagens termais dos satélites *Landsat-5* e *8*;
3. Comparar o uso e cobertura da terra e a intensidade da TST;
4. Identificar as Ilhas de Calor de Superfície e as Ilhas de Frescor de Superfície em 1985 e 2013.

Desta forma, a presente pesquisa foi estruturada em capítulos que se destinam à revisão teórica e conceitual, nos quais são abordados a partir de uma perspectiva integradora as Transformações no Espaço Urbano assentados no proposto teórico do Sistema Clima Urbano desenvolvido por Monteiro (1976), seguido pelo subsistema termodinâmico e também os conceitos e discussões sobre o fenômeno das Ilhas de Calor com desmembramento para

aquela que é identificada pelo SR (OKE, 1987; FIALHO, 2009; GARTLAND, 2010; LUCENA, 2013).

A segunda parte deste capítulo mantém a linha teórica e conceitual, abordando o histórico e advento do SR (FLORENZANO, 2002; FONSECA e FERNANDES, 2004; NOVO, 2008), os fundamentos do SR (JENSEN, 2011; LORENZETTI, 2015), a região do espectro eletromagnético do Infravermelho Termal, o conceito da TST (OKE, 1989; VOOGT e OKE, 2003; JENSEN, 2011; LORENZETTI, 2015) e uma discussão sobre o programa *Landsat*. Ele finaliza-se com uma breve abordagem de trabalhos em nível internacional e nacional que utilizaram imagens orbitais na avaliação da TST.

Também foram descritos os materiais e métodos utilizados na pesquisa, desde a aquisição do referencial teórico bibliográfico necessário às diversas etapas até ao levantamento das bases geográficas como as imagens orbitais e os planos de informações. São apresentados também em detalhe os procedimentos metodológicos para o mapeamento do uso e cobertura da terra e da TST.

As avaliações dos resultados estão assentadas na proposta de que as transformações no uso e cobertura da terra associados aos fatores topográficos da superfície e as condições no estado da atmosfera contribuem para alterações na TST e na formação das Ilhas de Calor e Frescor de Superfície. Neste sentido, busca-se verificar o comportamento da TST - a partir da observação das mudanças na superfície de Cariacica ao longo do recorte temporal, com o objetivo de avaliar se tais mudanças incentivaram novos padrões espaciais na TST durante a passagem dos satélites.

Os resultados da pesquisa estão divididos em: Avaliação das transformações no uso e cobertura da terra que ocorreram em Cariacica entre 1985 e 2013 através dos produtos finais orientados pelo MAXVER para as imagens do *Landsat-5* e 8; Avaliação das condições atmosféricas e de superfície para a estimativa da TST dos dias 27/06/1985 e 27/08/2013; Avaliação do comportamento da TST para a área urbana e rural de Cariacica em 1985 e 2013; Avaliação do Perfil da TST e Topografia para 1985 e 2013 e a Proporção da participação de cada uso e cobertura da terra nos intervalos de TST estabelecidos para 1985 e 2013.

1.1 Justificativas

1.1.1 Por que Cariacica?

O Município de Cariacica foi escolhido como recorte espacial para o estudo a partir de alguns fatores tais como o de ter sido considerado a “bola da vez”¹ entre aqueles da Região Metropolitana da Grande Vitória – RMGV, que já experimentaram expressivos incentivos governamentais e da iniciativa privada por meio da instalação dos empreendimentos comerciais e dos equipamentos sócio comunitários como hospitais, escolas, etc. Além disso, Cariacica passa a ficar na rota do mercado imobiliário² depois de algum tempo “estacionado” e inserido como coadjuvante - principalmente pelos incentivos habitacionais, intensificando cada vez mais o uso da terra urbana.

Conforme orienta Romanelli e Stelzer (2012) há ainda a proposta de espraiamento e consolidação de novas áreas que vão além dos limites urbanos já estabelecidos e que visam principalmente em arquitetar novas áreas para as atividades logísticas e retroportuárias. Tais propostas estão assentadas num contexto de planejamento metropolitano e estadual como a construção da Quarta Ponte, conexão entre a BR-101 com o Município de Vitória, conexões leste-oeste ao sul de Cariacica e instalação de vias nas proximidades da baía de Vitória. Os novos projetos sugerem a abertura, ampliação e melhorias em vias que dão acesso aos grandes vazios urbanos de Cariacica com a finalidade de transcorrer as atividades econômicas e instalações residenciais para estas áreas (ROMANELLI; STELZER, 2012). Os movimentos tendem a formar novas rugosidades e antes de firmar-se, pode ser considerado como proposta norteadora o comportamento da TST e até mesmo o incentivo à formação de Ilhas de Calor de Superfície que tais propostas podem acarretar. Avaliações deste perfil podem então contribuir no planejamento urbano e desenvolvimento da cidade (ROMANELLI; STELZER, 2012).

Outro fator muito importante é que Cariacica consegue reunir as principais características de Relevo presentes no Estado do Espírito Santo, tais como as Unidades Geomorfológicas dos Patamares Escalonados do Sul Capixaba, Tabuleiros Costeiros e as Planícies Costeiras (RADAMBRASIL, 1983; OLIVEIRA FILHO, 2010; IJSN, 2012). Aliado a este motivo e muito similar ao que é visto no Espírito Santo, a Malha Urbana concentra-se de forma efetiva

¹ ONLINE, Gazeta. **Cariacica é a 'bola da vez' na venda e valorização de imóveis**. Disponível em: <http://gazetaonline.globo.com/_conteudo/2010/02/599822cariacica+e+a+bola+da+vez+na+venda+e+valorizacao+de+imoveis.html>. Acesso em: 07 abr. 2016.

² VITÓRIA, Folha. **Cariacica é a "bola da vez" do mercado imobiliário**. Disponível em: <<http://www.folhavitoria.com.br/economia/noticia/2013/04/cariacica-e-a-bola-da-vez-do-mercado-imobiliario.html>>. Acesso em: 07 abr. 2016.

nas posições mais baixas, tanto que em Cariacica os arruamentos são registrados nessas posições e com indício de avanço para as áreas de planícies (BERGAMIM, 2012; ROMANELLI; STELZER, 2012).

Observa-se também a carência de estudos mais aprofundados em Cariacica e que coloquem como objetivo a avaliação espacial e temporal da TST, levando em consideração o fator emissividade. O município de Vitória já apresenta algumas pesquisas sobre a temática tanto em nível de artigos (HOLZ; LORENA; MARCHIORO, 2012; CORREA; COELHO; VALE, 2015) quanto a estudos monográficos (PAULA, 2015). Neste sentido enfatiza-se a utilidade de estudos temporais que levem em consideração a relação existente entre o uso e cobertura da terra com o comportamento da TST, sobretudo na identificação das Ilhas de Calor e Frescor de Superfície.

1.1.2 Por que o Sensoriamento Remoto e as imagens *Landsat-5* e *8*?

O SR por meio da utilização das imagens de satélite - principalmente aqueles que apresentam o canal do infravermelho termal, possibilita a extração e manuseio de informações referentes ao comportamento da TST com uma capacidade de resolução espacial que é muito difícil de alcançar com as chamadas redes de mensuração estacionária (COLLISCHONN, 2005).

Collischonn (1998; 2005) também afirma que os mapas termais mensurados pelo SR permitem relacionar as diferenças da TST com o uso e cobertura da terra. Neste sentido e levando em consideração que a camada de ar junto ao solo está relacionada com a superfície (COLLISCHONN, 2005), os canais termais e os mapas da TST tornam-se ferramentas auxiliares importantes para a climatologia urbana local, no sentido de poder contribuir no processo elucidativo da relação existente entre os materiais assentados na superfície e a conduta da TST para esta mesma superfície.

Além disso, ainda observa-se uma incipiência nos estudos científicos brasileiros que se apropriam das técnicas de Sensoriamento Remoto no clima urbano frente aquelas mais utilizadas, tendo em vista o crescimento dos debates a respeito das transformações e influencia do urbano no clima. Assim, justifica-se a premência de maior difusão e abertura a novos subsídios metodológicos como a utilização das geotecnologias nas avaliações do clima urbano (BARBOSA e VECCHIA, 2009; GARTLAND, 2010).

A utilização da série *Landsat-5* e 8 justifica-se pelo fato de elas possibilitarem a avaliação do comportamento da TST numa escala temporal mais ampla - o *Landsat-5* detém imagens antigas e o *Landsat-8* as mais atuais, permitindo fazer associações com as transformações ocorridas no uso e cobertura da terra de determinado recorte de estudo. Além disto, os produtos orbitais de ambos os satélites são disponibilizados de forma gratuita, sendo necessário o preenchimento de um cadastro simples. Eles também possuem um tempo de revisita similar de 16 dias o que permite avaliações contínuas ao longo de um período pré-estabelecido e passaram por um processo de redefinição em sua resolução espacial para 30 metros³ feito pelo Serviço Geológico Americano – USGS.

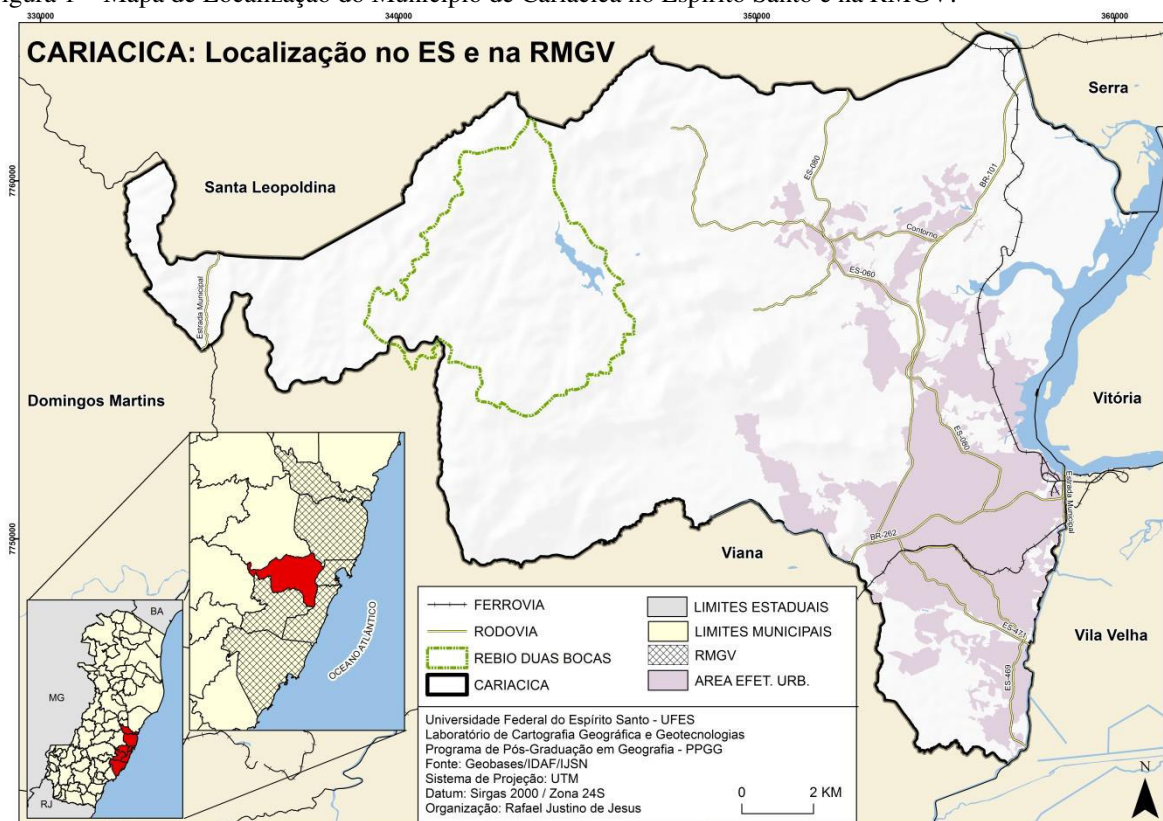
³ http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 Localização da área de estudo

O Município de Cariacica possui uma área de 279,65 km² e de acordo com a estimativa feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em julho de 2015, conta com uma população de 381.802 habitantes. Ele situa-se na RMGV (Figura 1) e limita-se territorialmente com Domingos Martins, Santa Leopoldina, Serra, Viana, Vila-Velha e Vitória. Ele atrai empresas e indústrias principalmente nas margens dos corredores viários como a BR-101, BR-262, ES-080 e a Estação de Ferro Vitória-Minas, proporcionando aumento econômico, populacional e na feição do território (IJSN, 2001).

Figura 1 – Mapa de Localização do Município de Cariacica no Espírito Santo e na RMGV.



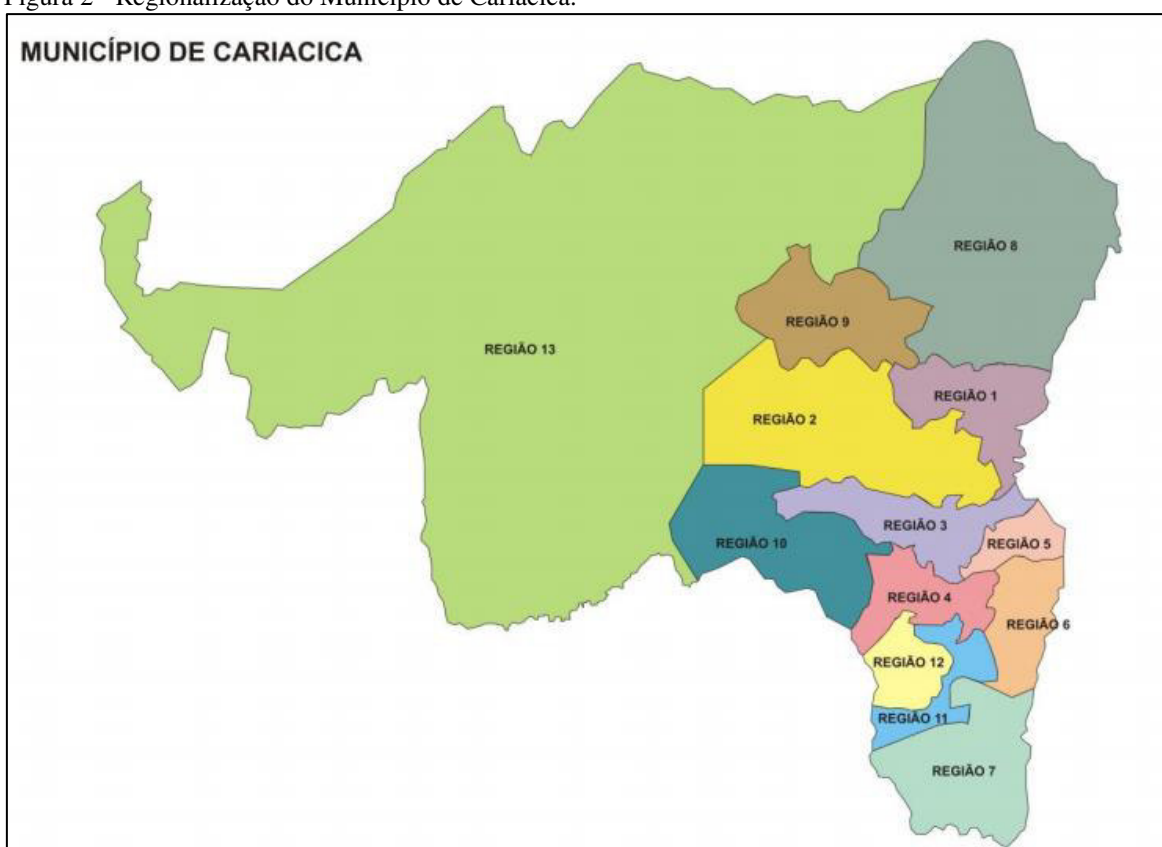
Fonte: Elaborado pelo Autor. Abril/2016.

A Figura 1 destaca a Unidade de Conservação e Reserva Biológica Duas Bocas - UC-REBIO, considerada uma das mais importantes Unidades de Conservação do Estado do Espírito Santo. Ela possui uma área de 2.910 ha e está fortemente vinculada ao abastecimento de água para parte de Cariacica (BERGAMIM, 2012). Além disto, Cariacica está inserida dentro da delimitação do Corredor Ecológico Duas Bocas Mestre Álvaro, que por sua vez apresenta-se

entre os dez corredores que estão em prioridade de conservação dentro da Mata Atlântica do Estado do Espírito Santo (COELHO; FERREIRA, 2011).

Conforme a lei municipal 4.772 de 15 de abril de 2010 que dispõe sobre a delimitação e organização dos bairros do Município de Cariacica, fica estabelecida a organização político administrativa de 100 bairros dentro do perímetro urbano que foram espacializados de forma participativa pelo Plano de Organização Territorial – POT. Além disso, o Município é dividido em 13 regiões administrativas, sendo a de número 4 a mais populosa⁴ (Figura 2).

Figura 2 - Regionalização do Município de Cariacica.



Fonte: Brasil e Castiglioni (2012:27).

2.2 Caracterização da área de estudo

2.2.1 Caracterização climática

As condições de tempo do Município de Cariacica e dos demais que compõem a RMGV são de maneira geral influenciadas pelos sistemas atmosféricos como o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul - ASAS, pela Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS e também por

⁴ http://www.cariacica.es.gov.br/wp-content/uploads/2014/05/Populacao_Regiao_Bairros.pdf

Frentes Frias – FF, relacionadas ao Sistema Polar (VAREJÃO-SILVA, 2005; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Tais mecanismos atmosféricos associados aos fatores climáticos como a latitude e maritimidade influenciam no comportamento médio da temperatura do ar que transita entre 11,8°C a 18°C para as mínimas e 27°C a 34°C para as médias máximas. Os ventos exibem uma velocidade média de 2,04m/s e aqueles mais predominantes são procedentes dos quadrantes NE e E (COELHO; RAMOS; BERGAMASCHI, 2015).

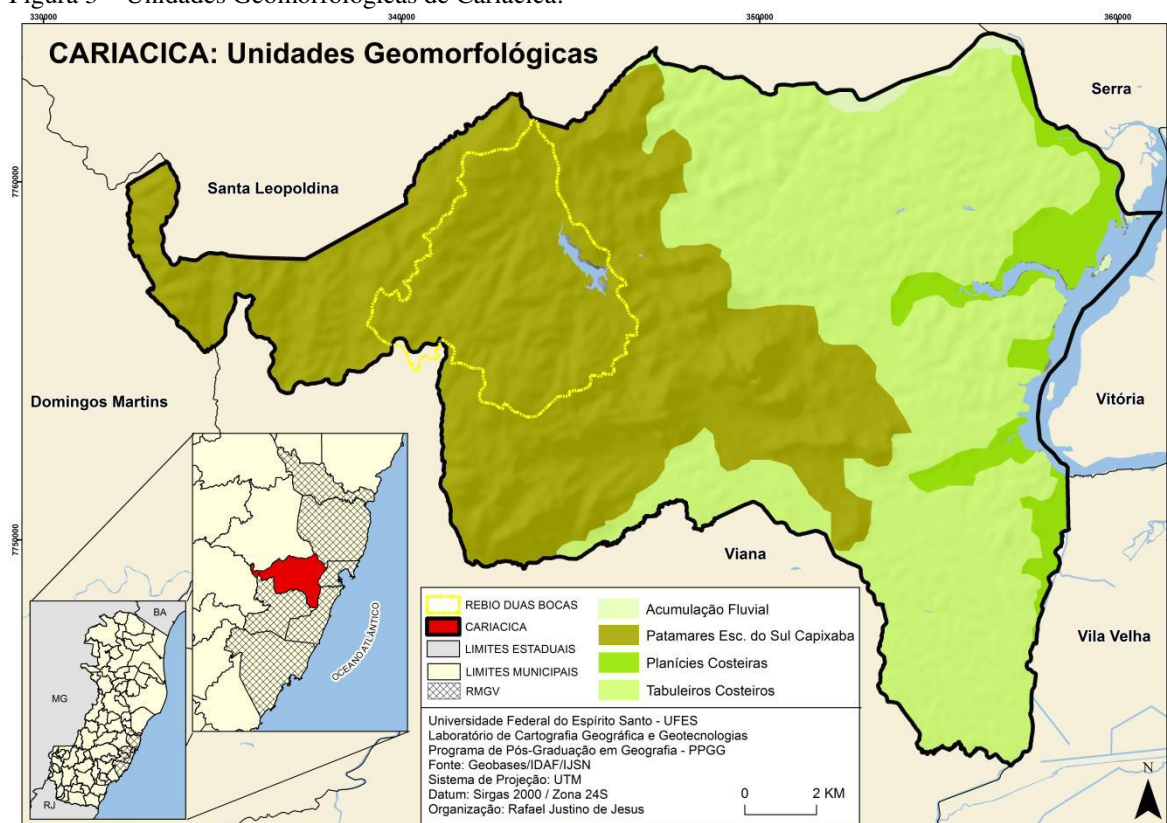
Cariacica tem uma pluviosidade média entre 1200 e 1300 mm e é mais concentrada nos meses do verão (dezembro a março) – com registros iguais ou superiores a 150 mm mensais. Os períodos mais secos concentram-se no inverno onde são registrados valores iguais ou inferiores a 100 mm mensais (OLIVEIRA FILHO, 2010). Neste sentido o clima de Cariacica pode ser classificado de acordo com Koppen como Tropical do tipo- *Aw*, que concentra chuvas abundantes nos meses de verão e de uma estação com menor registro pluviométrico no período de inverno (OLIVEIRA FILHO, 2010; CORREA, 2014). Conforme Correa (2014:6) “A letra A representa climas tropicais chuvosos, com estação de inverno ausente, *w* está relacionado à existência de uma estação seca que coincide com o inverno e um período chuvoso que compreende os meses de verão”.

2.2.2 Caracterização geológico-geomorfológica

Conforme orienta Oliveira Filho (2010) a estrutura geológica presente no Município de Cariacica é classificada em cinco unidades, com uma de origem sedimentar e quatro cristalinas. São constituídas pelo Complexo Paraíba do Sul – que situa-se na área central de Cariacica com presença de rochas ígneas e metamórficas; pela Unidade Tonalitos – localizada na posição extremo oeste e com presença de rochas metamórficas; pela Unidade Enderbitto Santa Tereza – com rochas plutônicas e inseridas numa pequena parcela da posição oeste; pela Unidade Suíte Máfica do Orógeno Araçuaí – localizadas no limite entre Viana e Cariacica e por fim os Depósitos Flúvio-lagunares – situados por toda extensão oriental de Cariacica (OLIVEIRA FILHO, 2010).

Conforme a Figura 3, a Geomorfologia é caracterizada pelas unidades dos Patamares Escalonados do Sul Capixaba, Tabuleiros Costeiros e as Planícies Costeiras (RADAMBRASIL, 1983; OLIVEIRA FILHO, 2010; IJSN, 2012).

Figura 3 – Unidades Geomorfológicas de Cariacica.



Fonte: Organizado pelo Autor. Abril/2016.

Os Patamares Escalonados do Sul Capixaba situam-se na porção central em direção a Oeste de Cariacica, sendo marcados por uma topografia acidentada de estruturas fraturadas e dobradas (RADAMBRASIL, 1983; COELHO; RAMOS; BERGAMASCHI, 2015). Essas unidades geomorfológicas compreendem os setores da Região da Mantiqueira Setentrional, se caracterizam por uma morfologia relativamente homogênea e também por se apresentarem como um conjunto de degraus entre os seus distintos níveis topográficos (RADAMBRASIL, 1983).

Em Cariacica os Patamares Escalonados do Sul Capixaba estão situados predominantemente em toda a direção oeste e ocupa uma área de 130,65 km², além disso, apresentam estruturas acidentadas com aspecto montanhoso e com dissecação orientada pelo sistema hidrológico (OLIVEIRA FILHO, 2010). Nessa região a hidrografia é marcada pela presença de rios de padrão dentrítico e encaixada nas falhas geológicas (OLIVEIRA FILHO, 2010).

De acordo com o RADAMBRASIL (1983) as unidades geomorfológicas dos Tabuleiros Costeiros caracterizam-se por serem relevos dissecados e que apresentam predominantemente topos aplainados e também convexizados. Tais unidades apresentam altitude média que gira

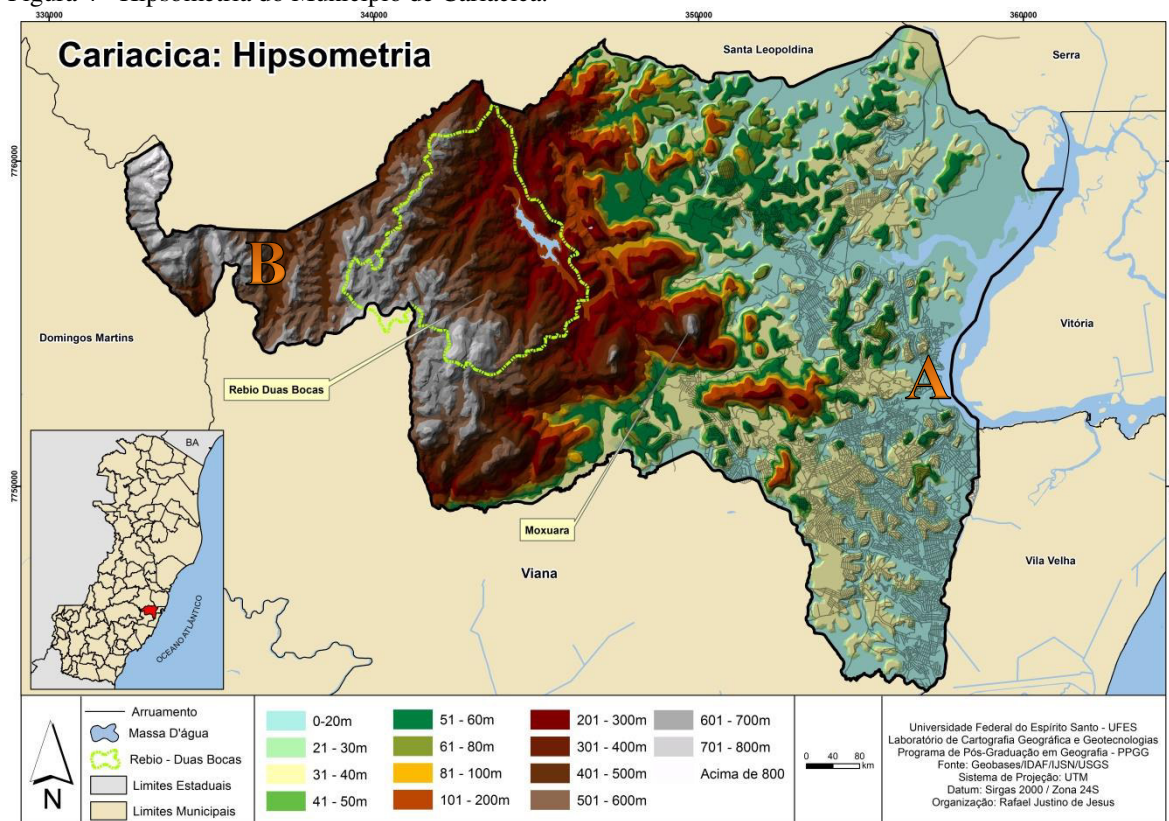
em torno de 15 a 40 m de altitude com a presença de um padrão hidrológico do tipo subdentrítico. Os Tabuleiros Costeiros se caracterizam na principal unidade geomorfológica de assentamento da Malha Urbana em Cariacica, pois como comenta Bergamim (2012:5) esta unidade geomorfológica está localizada “predominantemente no perímetro urbano encontra-se densamente ocupado pelas atividades humanas e conseqüentemente é uma região bastante impactada”.

Já as unidades das Planícies Costeiras localizam-se ao longo do litoral em encontro com as Falésias dos Tabuleiros Costeiros (RADAMBRASIL, 1983). Em Cariacica esta unidade encontra-se num eixo norte-sul e situa-se ao nível do mar com forte deposição de sedimentos de origem fluviomarinha (OLIVEIRA FILHO, 2010). Sobre as Planícies Costeiras,

[...] é marcante a presença de depósitos de sedimentos argilo-arenosos ricos em matéria orgânica, situados nas desembocaduras dos rios Bubu e Santa Maria, e em parte da foz do Córrego Itanguá. Essa área corresponde ao ecossistema manguezal [...] Esta unidade em Cariacica é caracterizada por ser uma área com baixo gradiente altimétrico e com altitudes abaixo dos 5%, estando situada essencialmente ao nível do mar (OLIVEIRA FILHO, 2010: 96 e 97).

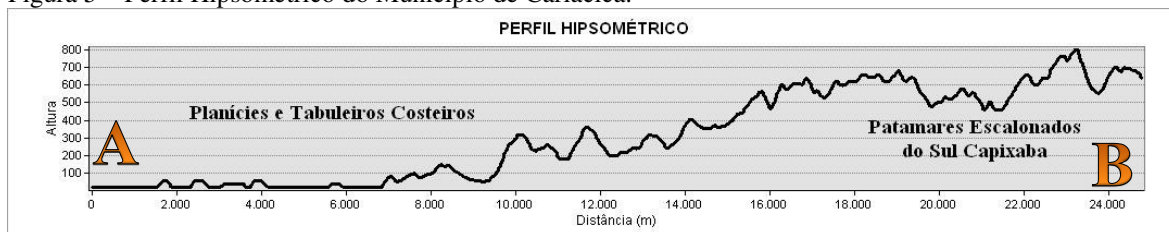
Dentro deste contexto destaca-se que a altimetria do Município varia de 0 a 880m (com predomínio entre 20 a 100m) e cresce de leste para oeste (Figura 4 e 5). As maiores elevações estão fora da abrangência do perímetro urbano e encontram-se associadas a um significativo capeamento de vegetação, com exceção e desta forma com maior relevância para o monte Moxuara – que detém 724 metros de altitude e representa um dos principais símbolos paisagísticos tanto do Município quanto da RMGV conjuntamente com o Mestre Álvaro (Serra) e o Morro do Convento (Vila Velha) (COELHO; RAMOS; BERGAMASCHI, 2015).

Figura 4 - Hipsometria do Município de Cariacica.



Fonte: Organizado pelo Autor. Abril/2016.

Figura 5 – Perfil Hipsométrico do Município de Cariacica.



Fonte: Organizado pelo Autor. Abril/2016.

3. ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL

3.1 As transformações no espaço urbano

O espaço urbano constitui-se cenário sobre o qual são realizadas diversas formas de relações, sejam elas de viés econômicos, ambientais, sociais ou políticos (ASSIS, 2010). Evidencia a interação entre o homem e a natureza, na qual se materializa pela forma como ele é organizado e utilizado, isto é, da maneira que é tomado pelo homem, caracterizando-se como verdadeiros ambientes em constante transformação, constituindo-se como sistemas altamente complexos e apresentando-se em sintonia com os fluxos de energia e matéria (ASSIS, 2010).

Os variados usos da terra tornam os espaços urbanos diversificados, visto que tendem a caracterizar-se pelas suas diversas formas, pela disposição dos elementos que os constituem e também das funções ali existentes – habitacionais, industriais, de serviço, etc (ALCOFORADO et al, 2006; LANDSBERG, 2006). Neste sentido, observa-se que áreas densamente ocupadas principalmente pelo processo de verticalização e industrialização podem contribuir significativamente na deturpação dos comportamentos climatológicos e meteorológicos, engendrando condutas “habituais” que modificam as propriedades da baixa troposfera e do clima local (ASSIS, 2010).

Vale lembrar ainda que, de acordo com Lombardo (1985) a ação do homem desenvolve um ambiente artificial evidenciando sua maior expressão nas áreas citadinas por meio das diversas modificações feitas nela. A cidade consistirá na maior expressão social do espaço produzido, transformada pelas relações de produção e reprodução do espaço geográfico (LOMBARDO, 1985). Sobre este processo Mendonça (1994) orienta que:

Ao construir cidades os homens engendram enorme quantidade de novos materiais e equipamentos no ambiente natural originando um novo ambiente/natureza, e que a intensidade das alterações imprimidas no ambiente precedente será razão direta da qualidade e quantidade dos elementos nele introduzidos (MENDONÇA, 1994:7).

O processo de urbanização atingiu significativas proporções a partir do século XIX, principalmente com o surgimento e ascensão da Revolução Industrial (SANTOS, 2008). Consequentemente, com a ampliação dos ambientes urbanos alteram-se substancialmente aqueles mais conservados seja pela concentração de parques industriais, aglomerado populacional, acoplamento de poluentes e a impermeabilização do solo em função da substituição dos materiais naturais por aqueles oriundos do concreto e asfalto (OKE, 1989; ALCOFORADO et al, 2006; LANDSBERG, 2006).

Tendo em vista a multiplicidade da atuação do homem no espaço urbano destaca-se a importância do conhecimento das relações sociais ali expressas. Saydelles (2005) acentua que além das características físicas faz-se necessário o conhecimento das relações sociais, pois o espaço urbano será constituído a partir das interações entre os aspectos socioeconômicos conjuntamente com o embasamento natural ou suas características geoecológicas, dotando-o de dinamismos e recorrentes transformações, “neste aspecto, a estrutura, a forma e a funcionalidade urbana estão vinculadas aos aspectos morfológicos e topográficos do espaço urbano” (SAYDELLES, 2005:14).

Os aglomerados urbanos, industriais e as atividades de extrativismo pleitearam uma gama de ocupações e transformações na superfície terrestre, atingindo tanto positivamente quanto negativamente os subsistemas compostos nele. A vegetação, os recursos hídricos e os componentes atmosféricos foram significativamente afetados através da ação antrópica (YOUNG, 2005; ASSIS, 2010). Ligado a este aspecto Monteiro e Carvalho (2013) evidenciam que:

Para além de um processo de metamorfose profunda do ponto de vista social, a urbanização significa também um processo de grande transformação territorial, já que pressupõe a acomodação, num suporte espacial muito restrito, de um conjunto numeroso e diversificado de pessoas e atividades. Isto, só por si, obriga a artificialização do espaço e cria na escala local um enorme desequilíbrio entre o número de pessoas, atividades e recursos naturais disponíveis; desproporção compensada pela importação de matérias-primas, recursos naturais e alimentos do exterior e pela exportação de desperdícios (MONTEIRO E CARVALHO, 2013:98).

A compreensão da transformação dos espaços urbanos corrobora com a afirmação de Amorim (2013) a qual aponta a alteração do balanço de energia e do balanço hídrico em função das modificações da superfície terrestre decorrentes da urbanização em face à expansão da malha e a supressão dos materiais naturais como a vegetação.

De acordo com Ayoade (1996) o balanço de radiação está relacionado com a diferença de radiação que é emitida e absorvida por um determinado corpo ou pela própria superfície terrestre. Trata-se de um mecanismo que exhibe o modo como Sistema Superfície-Atmosfera – SSA, interage com a própria energia que o trafega durante um intervalo de tempo – geralmente ao longo do ano, permitindo por sua vez explicar o modo como se processa o aquecimento da Troposfera (AYOADE, 1996; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

O balanço de radiação é para Ayoade (1996) expresso a partir da Equação 1, mostrando que R consiste no balanço de radiação e balanço líquido; $(Q+q)$ representa a soma da radiação solar

direta ou difusa que incide sobre a superfície terrestre; α consiste no albedo superficial; I_{\downarrow} consiste na contra radiação da atmosfera e por fim I_{\uparrow} representa a radiação terrestre.

$$R = (Q + q)(1 - \alpha) + I_{\downarrow} - I_{\uparrow} \quad (1)$$

O balanço de radiação sofre alterações dentro da cidade em função das múltiplas e complexas geometrias das edificações construídas, pelas características térmicas de cada material presente na superfície e também através da orientação das edificações (AMORIM, 2013). Isto mostra que a cidade não é um espaço vazio e muito menos neutro, pois ela influencia diretamente nas características de ordem local (MONTEIRO, 1976; OKE, 1987; LANDSBERG, 2006; AMORIM, 2013), sendo o “Clima Urbano” um dos mais recorrentes e importantes nesse processo (MONTEIRO, 1990; VALE, 2012).

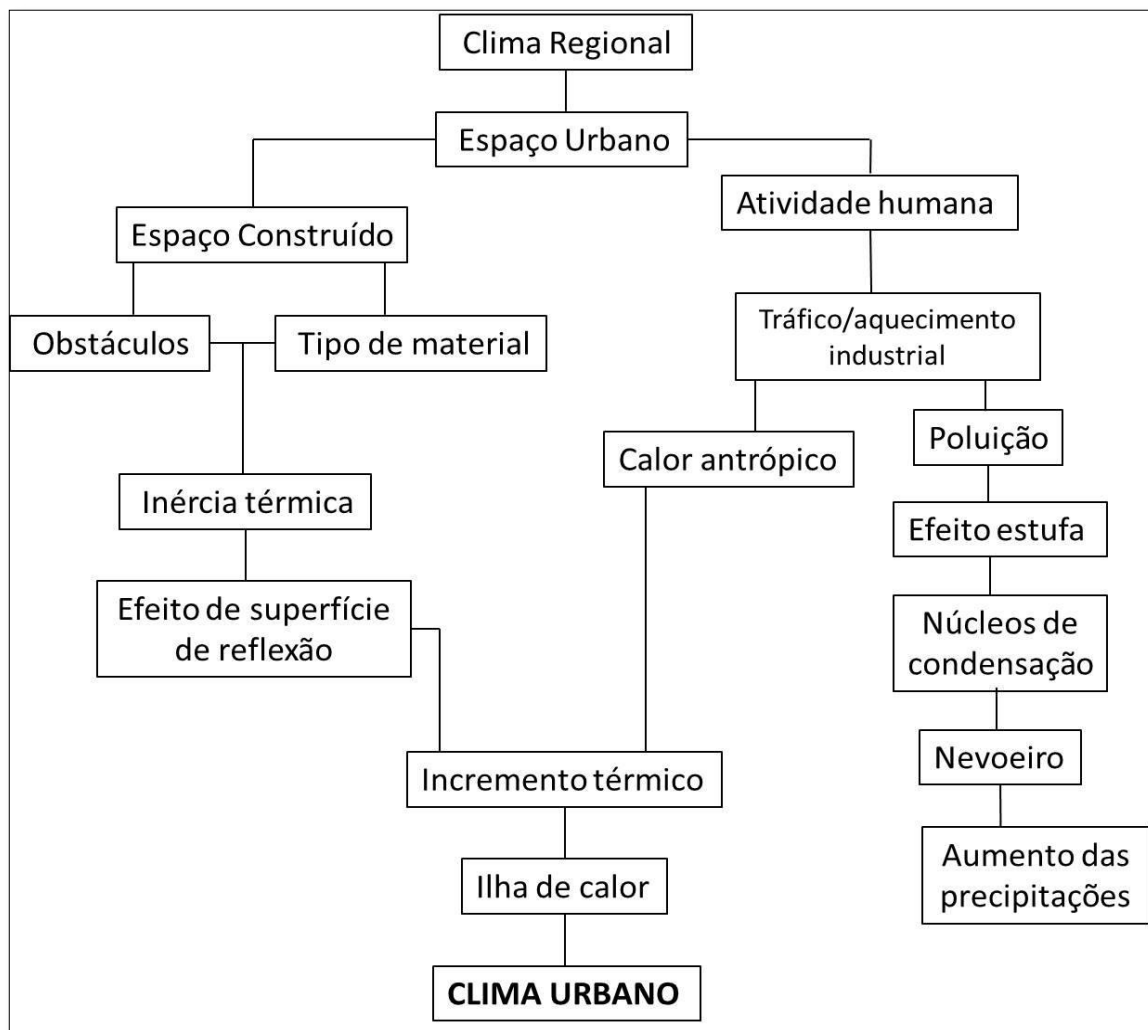
3.2 O clima urbano

O clima urbano pode ser estabelecido como “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização” (MONTEIRO, 1976:95), qualificando-se como um sistema único que abarca um clima local – relacionado a um fato natural e a cidade – fato social, modificada e/ou artificial. É “complexo, aberto, adaptativo e dinâmico que, recebendo energia do ambiente maior onde está situado transforma-o significativamente” (MONTEIRO, 1990:10).

Lombardo (1985), apropriando-se da definição destaca que o clima urbano constitui-se num mesoclima que está inserido num macroclima e por sua iminência ao solo experimenta influências de ordem microclimática oriundos dos espaços urbanos.

Como ilustra a Figura 6 o clima terá uma característica singular nas cidades, pois as interferências realizadas pelo homem no uso da terra como impermeabilização, verticalização e emissão de poluentes podem possibilitar o desenvolvimento de um clima específico: o clima urbano, refletindo, sobretudo, na intensidade das precipitações, em níveis de umidade do ar e no desenvolvimento das Ilhas de Calor (OKE, 1987; LANDSBERG, 2006).

Figura 6 – Fatores que Influenciam na Formação do Clima Urbano.



Fonte: (ORTIZ, 2011:28).

Concorda-se que a substituição da vegetação pela pavimentação e construções pode contribuir na modificação do microambiente acarretando distúrbios no ciclo térmico diário - fato associado entre as diferenças da radiação solar que penetra nas superfícies e o potencial de cada material em armazenar o calor (ROMERO, 2000). Citando Detwyler (1974), Romero (2000:14) apresenta algumas alterações de ordem climática que podem ser geradas pelo processo de urbanização, sendo eles:

- Mudança da superfície física da terra, pela densa construção e pavimentação, fazendo com que a superfície fique impermeável, aumentando sua capacidade térmica e rugosidade e, ao mesmo tempo, alterando o movimento do ar;
- Aumento da capacidade armazenadora de calor com a diminuição do albedo;
- Emissão de contaminantes, que aumentam as precipitações e modificam a transparência da atmosfera.

Apesar de as transformações no espaço urbano contribuírem para comportamento do clima local verifica-se que ainda não é imaginável aferir a exatidão de qual o número de habitantes, concentração de população, intensidade da impermeabilização ou densidade de verticalização na qual a perturbação do clima local se inicia (ASSIS, 2010). Esta ideia encontra-se também em Monteiro (2003) quando certifica que não existe uma preocupação em precisar o grau de urbanização e das características geoecológicas para a utilização do termo clima urbano em determinado local.

3.2.1 O Sistema Clima Urbano – S.C.U.

Em “Teoria e Clima Urbano”, Monteiro (1976) preocupa-se em apresentar para o estudo do clima citadino um comportamento que leve em consideração a participação harmônica entre o homem e natureza na sua formação. Monteiro (1976) enxerga tal possibilidade na Teoria Geral dos Sistemas – TGS - metateoria desenvolvida por Ludwig Von Bertalanffy – relacionada às convicções do *hólon* de Arthur Koestler (VALE, 2012).

Apropriando-se da TGS, Monteiro (1976) destaca a sua importância para a Geografia, visto a lacuna teórica que existira até então para a explicação de fatos como o clima urbano. Ele exprime que:

A abordagem sistêmica, à qual se passou a recorrer progressivamente, presta inestimável contribuição, sobretudo porque, sendo bastante flexível e pressupondo vários tipos de sistema, pode ser aplicada nos casos mais variados. Apesar dessa variedade, ela exerce um controle extremamente benéfico ao exigir uma atenção especial para a organização, mobilizando não só a descrição como a verdadeira explicação através da compreensão associativa dos fenômenos (...) O que é mais importante, acima de tudo, é que em tais relações de um sistema complexo, mas singular na reciprocidade dos processos naturais e humanos, a visão geográfica se amplia ao se tomar consciência de que o homem representa o papel de timoneiro, pesando sob seus ombros a responsabilidade no destino da Terra. A Terra do homem (MONTEIRO, 1976:97 e 98).

Como a proposta é sistêmica, a teoria levantada torna-se capaz de encaminhar a investigação do fenômeno clima urbano em qualquer espaço urbano do globo, “tornando extremamente importante uma abertura a todas as escalas de tratamento espacial-temporal e diferentes graus de complexidade urbana” (MONTEIRO, 1976:114).

A partir da TGS, Monteiro (1976) desenvolve o diagrama básico, por meio de blocos, do chamado Sistema Clima Urbano - S.C.U. Ele tem a possibilidade de uma (re) estruturação dos

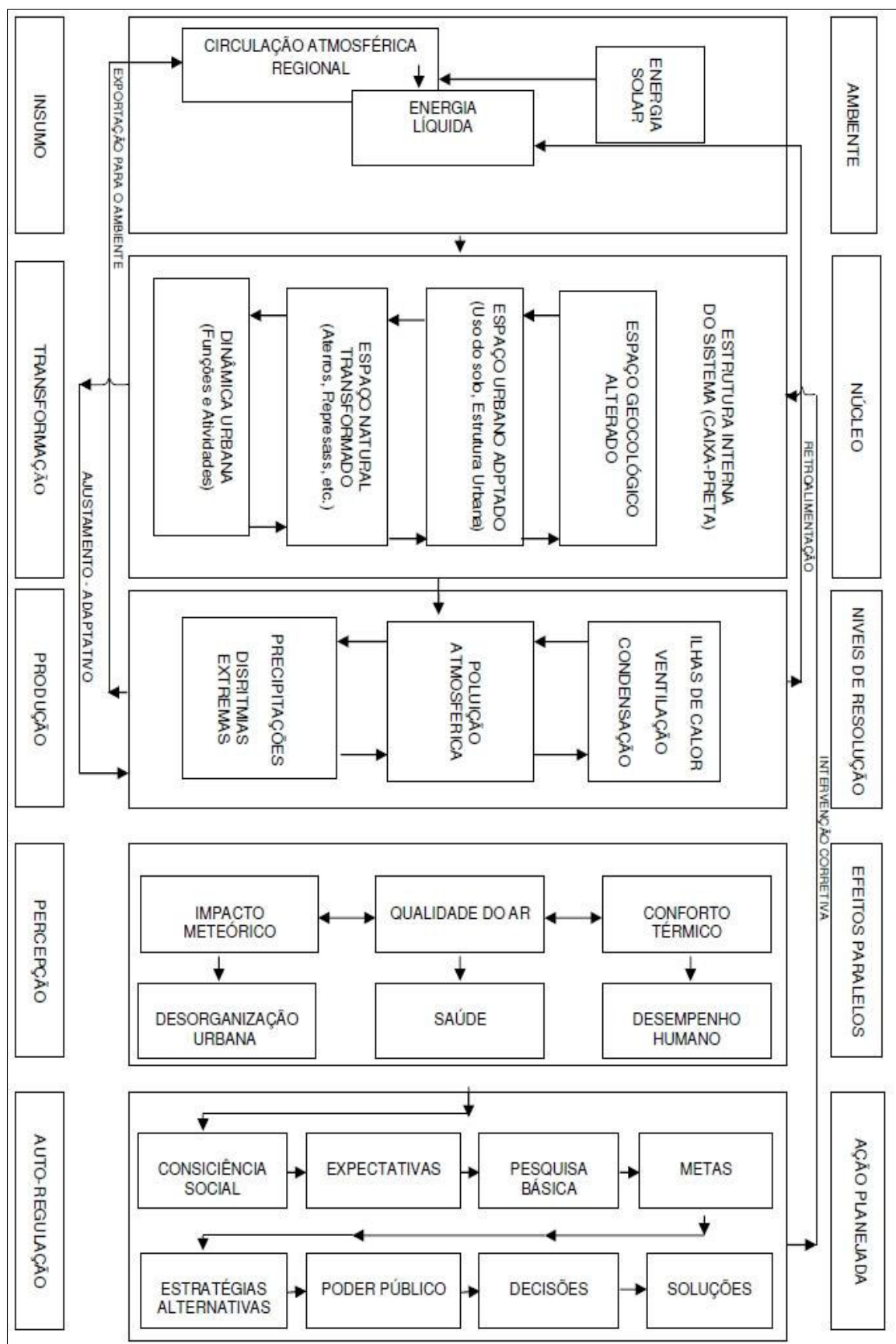
fatos na medida em que novas pesquisas são realizadas e comprovadas. Assim, o diagrama pode ser corrigido ou aperfeiçoado.

A energia importada para o ambiente do S.C.U é de natureza térmica oriunda do Sol, que dentro do sistema experimenta contínuas transformações, sendo retroalimentada e exportada para o ambiente (MONTEIRO, 1976; 2003). No diagrama do sistema existe o bloco AMBIENTE – que se constitui na interação entre a energia solar e a circulação atmosférica em nível regional; o NÚCLEO – resultado da relação entre os segmentos: Geoecológico Alterado – Espaço Urbano Adaptativo – Espaço Natural Transformado – Dinâmica Urbana; NÍVEIS DE RESOLUÇÃO – Resultado da interação entre o Ambiente e o Núcleo, observado por meio das Ilhas de Calor – Poluição Atmosférica – Precipitações; os EFEITOS PARALELOS – em nível de percepção humana que se constitui na resposta do sistema: Conforto Térmico, Qualidade do Ar e Impacto Meteorológico e a AÇÃO PLANEJADA (MONTEIRO, 1976; 2003).

A Figura 7 ilustra o diagrama que denota todo o conjunto do S.C.U, sendo compreendido através das questões básicas de consistência, dos enunciados básicos e dos canais de percepção (ANJOS, 2012). Nela o clima citadino admite uma visão sistêmica e como tal apresenta-se com vários graus de hierarquia funcional, além de diferentes níveis de resolução. Todavia, apesar do sistema ser decomposto em múltiplos elementos, eles não podem ser incompatibilizados de forma completa, pois na verdade, eles somente estão situados em conjuntos de maior similitude e interação (MONTEIRO, 1976; 2003).

Desta forma, não deve ser considerada a redução do sistema ao nível dos elementos, mas sim de um agrupamento que mantém íntimas associações que por sua vez são encaminhadas à percepção sensorial e comportamental dos habitantes da cidade, pois no S.C.U o ser humano sempre consistirá no referencial dos problemas e valores dos fatos geográficos (MONTEIRO, 1976).

Figura 7 – Diagrama Básico do S.C.U.



Fonte: (MONTEIRO, 1976; 2003; ANJOS, 2012:25).

A poluição do ar, Ilhas de Calor e as inundações no espaço urbano são fenômenos de grande destaque nos climas urbanos e como se sugere, seu agrupamento deve ser feito por meio de canais de percepção humana, associados aos principais níveis de resolução do sistema, nos quais se destacam o Conforto Térmico (subsistema termodinâmico), Qualidade do Ar (subsistema físico-químico) e o Impacto Meteorológico (subsistema hidromecânico) (MONTEIRO, 1976; 2003). Sobre os níveis de resolução verifica-se:

- a) Conforto térmico – Englobando as componentes termodinâmicas que, em suas relações, se expressam através do calor, ventilação e umidade nos referenciais básicos a esta noção. É um filtro perceptivo bastante significativo, pois afeta a todos permanentemente. Constitui, seja na climatologia médica, seja na tecnologia habitacional, assunto de investigação de importância crescente.
- b) Qualidade do ar – A poluição é um dos males do século, e talvez aquele que, por seus efeitos mais dramáticos, atraia mais a atenção. Associada às outras formas de poluição (água, solo etc.), a do ar é uma das mais decisivas na qualidade ambiente urbana.
- c) Meteoros do impacto – Aqui estão agrupadas todas aquelas formas meteóricas, hídricas (chuva, neve, nevoeiros), mecânicas (tornados) e elétricas (tempestade), que assumindo, eventualmente, manifestações de intensidade são capazes de causar impacto na vida da cidade, perturbando-a ou desorganizando-lhe a circulação e os serviços (MONTEIRO, 2003:24)

É impossível a dissociação dos níveis de resolução do sistema tanto em sua essência atmosférica quanto na percepção sensorial do habitante da cidade, pois a compartimentação trata-se na verdade de um “artifício para a comodidade da análise (MONTEIRO, 2003:43)”.

Neste sentido os canais de percepção humana podem percorrer toda a organização do S.C.U., a começar do nível insumidor, pelo transformador ao produtor ou também em seu sentido contrário; Eles também definem os subsistemas do S.C.U por meio do nível de resolução dos fenômenos climáticos e propiciam o exame das relações existentes entre o núcleo e o ambiente de todo o sistema (MONTEIRO, 2003).

3.2.2 O subsistema termodinâmico

Como já delineado, observa-se que os subsistemas comunicam-se entre si, havendo uma constante relação entre eles. O mesmo aplica-se aos diagramas elaborados separadamente para estes canais perceptivos, pois eles apresentam correlações lineares e integradoras estabelecidas no S.C.U.

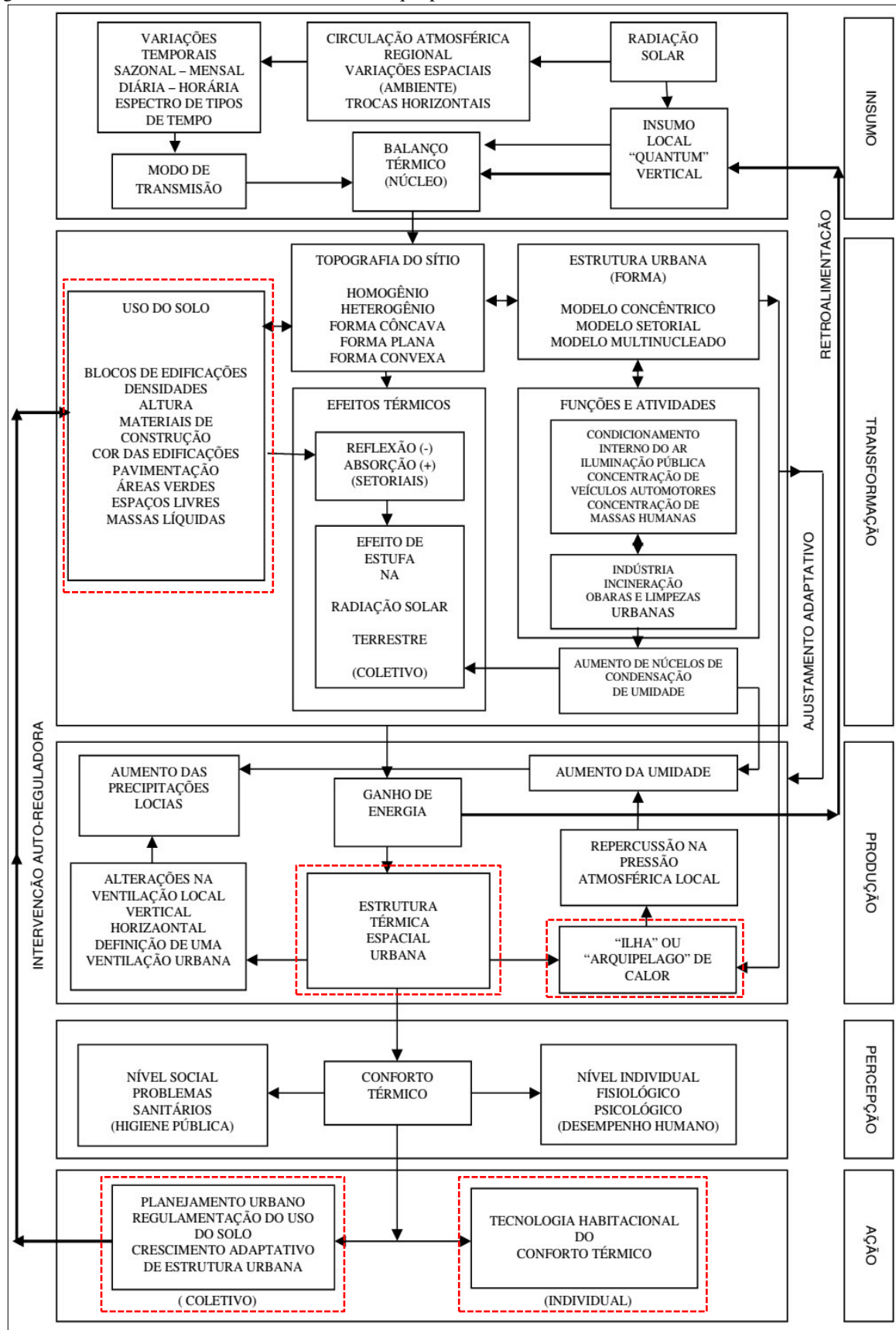
O subsistema termodinâmico estabelece a orientação basilar para a ação do conforto térmico no espaço urbano, constituindo-se no subsistema de nível fundamental para a resolução climática, pois é nele que confluem e se associam as outras duas componentes. Ele também permeia toda a estrutura do S.C.U., pois admite uma produção fundamental no balanço de energia líquida que atua no sistema, visto as transformações no uso e cobertura da terra, na morfologia urbana e nas funcionalidades do urbano (MONTEIRO, 2003; CORREA, 2014).

Este subsistema possui relação direta com a geometria das cidades, de modo que sua análise oferta importantes informações para o geógrafo e o arquiteto/urbanista, que dotado das características termodinâmicas da cidade podem zonear os espaços habitacionais e estabelecer propostas no plano diretor com a finalidade de adequar o planejamento urbano às suas características climáticas visando abarcar uma qualidade ambiental referente ao conforto térmico ao maior número de habitantes possíveis (MONTEIRO, 1976; 2003; GARTLAND, 2010).

Conforme ilustra a Figura 8 pode-se observar que o subsistema termodinâmico divide-se em cinco níveis de resolução que são complementados ou integrados entre si, como o Insumo – relacionado à entrada de energia dentro do subsistema e os desdobramos que esta energia promove na circulação atmosférica; a Transformação - que trata das relações entre a energia que chega até ao subsistema e as características de determinado sítio urbano como sua morfologia e funcionalidade; e a Produção, que está relacionada aos atributos térmicos que desencadeia as chamadas ilhas de calor e frescor e oscilações na velocidade do vento e umidade relativa do ar (MONTEIRO, 1976; 2003; MOURA, 2008).

Todos os níveis de resolução perpassam para a sociedade, e repercute, seja individualmente ou coletivamente, nas condições de saúde física e mental da população urbana (Percepção), abrindo espaço para ações conjuntas de planejamento (Ação) (MONTEIRO, 1976; 2003; MOURA, 2008).

Figura 8 – Subsistema Termodinâmico com destaque para o Uso do Solo.



Fonte: (MONTEIRO, 1976; 2003; ANJOS, 2012:27).

3.2.3 As Ilhas de Calor

A ação antrópica sobre o espaço urbano compromete e modifica o balanço de radiação, subsidiando a formação de um fenômeno conhecido como Ilhas de Calor, isto é, áreas dentro do espaço urbano onde se presencia temperaturas mais elevadas quando comparadas com a vizinhança (ASSIS, 2010). Sobre o fenômeno Lucena (2012) comenta que:

A ilha de calor urbana (UHI, do inglês *urban heat island*) é o calor característico das áreas urbanas, quando comparadas com seus arredores (não-urbanizados) e, geralmente, refere-se ao aumento na temperatura do ar, mas pode igualmente referir-se ao calor relativo da superfície ou materiais subsuperficiais. Desse modo, a ilha de calor é uma medida de diferença, que não se evidencia a partir de uma medida absoluta da temperatura, indevidamente empregada em alguns trabalhos disponíveis na literatura (LUCENA, 2012:11).

Fialho (2009) reitera que o termo apresenta muitas incertezas no âmbito conceitual, principalmente quando é associado como elemento que define o clima urbano – que não procede, pois, se trata de um de seus aspectos e está ligado a uma condição. A dificuldade em precisar fidedignamente qual o grau de urbanização e quais características geoecológicas que devam existir para se afirmar o surgimento de um clima urbano e seus desmembramentos também é um fator de incerteza que paira sobre os que debruçam a respeito das ilhas de calor. Neste sentido:

(...) qualquer diferença de temperatura do ar entre dois pontos não significa que há uma ilha de calor. Por exemplo, ao se comparar dois pontos da superfície com o mesmo uso da terra, mas em vertentes distintas, isso acarretaria uma diferenciação da temperatura do ar, contudo, isso não é suficiente para dizer que exista uma ilha de calor. Neste caso, acredito que a melhor terminologia seria núcleo de calor, uma vez que a orientação das vertentes é o fator responsável pela diferença que possa existir entre ambientes homogêneos (FIALHO, 2009:49).

Outro princípio que contribui para a incerteza conceitual do termo são as distintas formas de mensuração e identificação de uma Ilha de Calor, permitindo novas abordagens e compreensão dos fatores urbanos que a condicionam. Sobre este princípio, Gartland (2010) elenca métodos básicos que são utilizados para medir esse fenômeno, tais como as Estações Fixas, Transeptos Móveis e o SR.

As estações fixas consistem na metodologia mais utilizada na análise do campo térmico e das Ilhas de Calor, sendo caracterizada pela utilização das estações meteorológicas de duas ou mais localidades fixas. As informações oriundas das estações têm subsidiado estudos comparativos entre áreas urbanas e rurais, influência mesoclimática e tendências da Ilha de

Calor para os próximos anos numa determinada localidade (GARTLAND, 2010; SARAIVA, 2014).

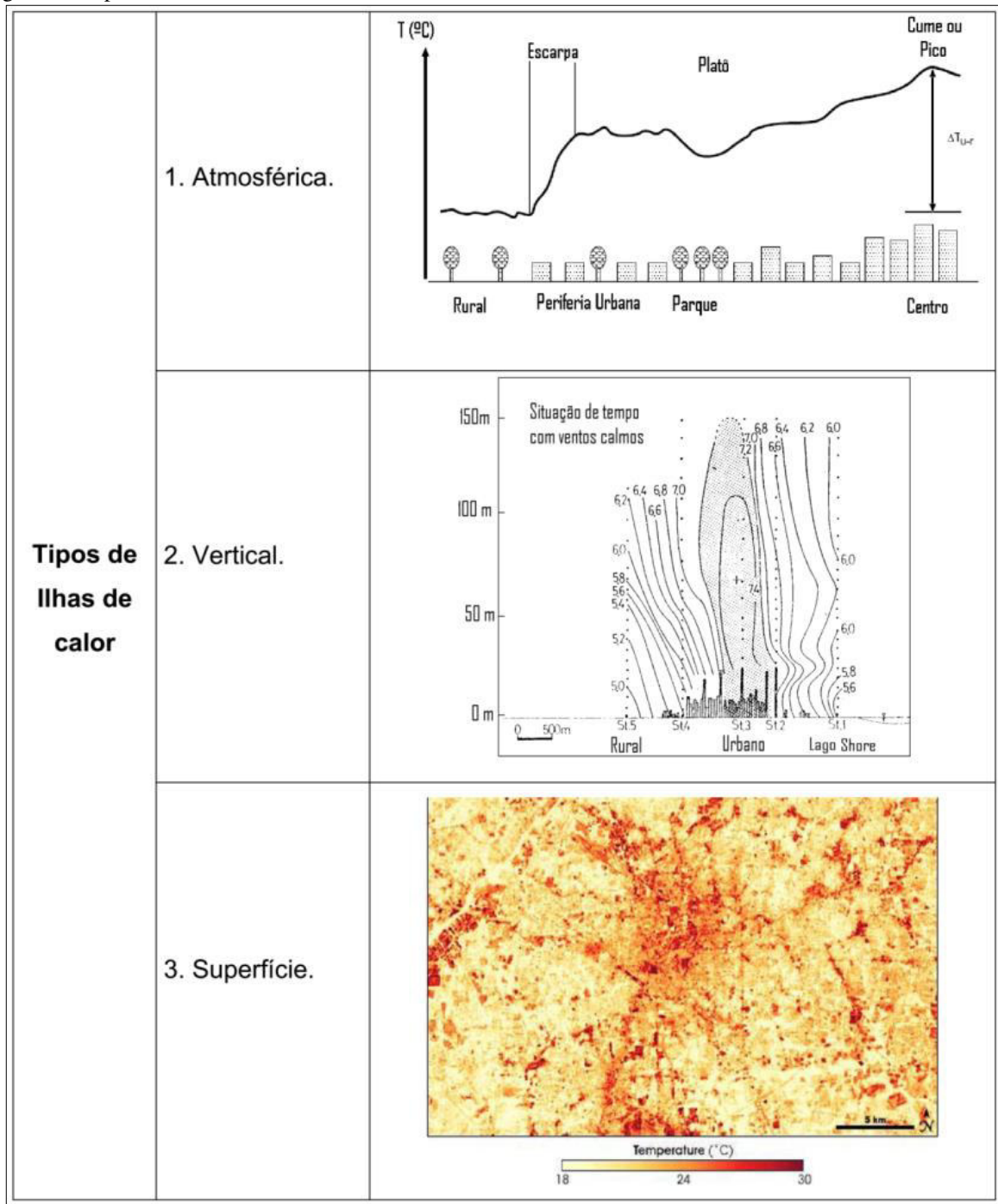
Os transeptos móveis passaram a ser utilizados em face da ausência de estações meteorológicas fixas em locais apropriados numa cidade. Trata-se de uma metodologia que implica na demarcação de um trajeto e coleta de temperatura, umidade e velocidade do vento em locais representativos (GARTLAND, 2010; CORREA, 2014). Ambas as metodologias descritas são comumente utilizadas no monitoramento da TA dos espaços urbanos, já o SR mensura a temperatura e outras características de superfície tais como as coberturas, pavimentos, vegetação e solo exposto, por meio da energia que é refletida por cada um desses materiais e posterior captação pelo sensor remoto (GARTLAND, 2010).

É neste contexto de múltiplas possibilidades de mensuração e distintas estruturas espaciais que Fialho (2009) assume a existência de três tipos de Ilhas de Calor, a saber: Atmosférica (Ilha de Calor da Atmosfera Urbana Inferior), Vertical (Ilha de Calor da Atmosfera Urbana Superior) e de Superfície (Figura 9). A Ilha de Calor atmosférica apresenta as transformações de alguns parâmetros da camada basal da atmosfera, principalmente quando se compara as características de uso e cobertura entre um espaço urbano e rural e leva-se em consideração a influência do sítio na qual a cidade esta assentada.

A Ilha de Calor Vertical é originada pela presença de uma cidade sobre a superfície e trata-se da camada que esta acima do dossel urbano. Os fatores que a condicionam estão ligados ao adensamento da rugosidade, que dificulta a circulação aerodinâmica e desacelera o fluxo de ar. A Ilha de Calor vertical é influenciada pelas atividades humanas a nível intraurbano e também pelo horário do dia (OKE, 1987; FIALHO, 2009).

Já a Ilha de Calor de superfície é mensurada a partir das informações oriundas de sensores remotos e limita-se às condições térmicas do espaço urbano ao nível da superfície dos objetos, diferenciando das observações a nível intraurbano, isto é, aquelas de detalhe (FIALHO, 2009).

Figura 9 – Tipos de Ilhas de Calor.



Fonte: (FIALHO, 2009:51).

Lucena (2013) comenta sobre os erros conceituais acerca das Ilhas de Calor encontrados em algumas pesquisas que utilizam o SR para a mensuração. Destaca que muitas delas apresentam o fenômeno sem as devidas considerações - não justificando o fato de que aquelas identificadas pelo SR são fundamentalmente baseadas somente na temperatura absoluta, ao passo que a Ilha de Calor seja manifestada através do cálculo da diferença.

Uma das principais características da Ilha de Calor identificadas pelo SR é a sua diferença quanto ao padrão espacial no contorno das isotermas (LUCENA, 2013). Nota-se a existência de outra organização e disposição do fenômeno, principalmente pela disseminação de vários núcleos quentes ao longo de determinado recorte, encontrados geralmente nas grandes regiões metropolitanas que apresentam uso e cobertura da terra bastante heterogêneo (LUCENA, 2013).

A presença de uma Ilha de Calor pode trazer diversas implicações no campo biológico, econômico e meteorológico, locomoção de aves para áreas mais termicamente confortáveis, desconforto térmico e estresse físico e psicológico de seres humanos (MONTEIRO, 1976). Do ponto de vista econômico a Ilha de Calor contribui na minimização dos aquecedores no período do inverno e eleva o uso e demanda dos condicionadores de ar no verão (OKE, 1987).

3.3 As geotecnologias

3.3.1 Breve histórico do Sensoriamento Remoto

De acordo com Novo (2008) é na década de 1960 que o termo “SR” é pela primeira vez utilizado nas bibliografias científicas, exprimindo de modo significativo uma conceituação que abrangia a obtenção de informações sem contato físico direto com o objeto.

No âmbito da Tecnologia Espacial, o SR enquadra-se no uso de sensores que mensuram as alterações sofridas pelo campo eletromagnético. Assim, a característica principal que é levada em conta para a sua definição consiste na utilização de sensores remotos de radiação eletromagnética para a compreensão das propriedades dos objetos inseridos na superfície terrestre (NOVO, 2008; JENSEN 2011). Dentro deste contexto o SR é interpretado como:

(...) Sensoriamento Remoto é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres (MENESES, 2012:3).

A proposta conceitual orienta-se numa perspectiva que adota o SR como uma ferramenta que possibilita a obtenção de informações de objetos a partir da relação que ele possui e impõe ao campo eletromagnético, não importando o nível de coleta da informação - seja satélite, aeronave ou campanhas de campo. Ele vincula diversos conhecimentos e distintos campos científicos, permeando as ciências exatas, botânicas, cartográficas e entre outros (FLORENZANO, 2002; FITZ, 2008), como mostra a Tabela 1.

Tabela 1– Principais aplicações do SR.

| Campo de Pesquisa | Utilização do Sensoriamento Remoto |
|--------------------------|---|
| Urbano | Inferência demográfica, cadastro, planejamento urbano, suporte ao setor imobiliário. |
| Agrícola | Condições das culturas, previsão de safras, erosão de solos. |
| Geológico | Minerais, petróleo, gás natural. |
| Ecológico | Regiões alagadas, solos, florestas, oceanos, águas continentais. |
| Vegetação | Produção de madeira, controle de desflorestamento, estimativa de biomassa. |
| Cartográfico | Mapeamento topográfico, mapeamento temático, atualização de terra. |
| Oceanográfico | Produtividade primária, monitoramento de óleo, estudos costeiros, circulação oceânica. |
| Hidrológico | Mapeamento de áreas afetadas por inundações, avaliação de consumo de água por irrigação, modelagem hidrológica. |
| Limnológico | Caracterização da vegetação aquática, identificação de tipos de água; avaliação do impacto do uso da terra em sistemas aquáticos. |

Fonte: (NOVO, 2008:6 e 7).

Conforme exemplifica a Tabela 1 as informações procedentes do SR são aplicáveis a diferentes campos de pesquisa, entretanto, para cada direcionamento existem exigências basilares para a execução do estudo, como produtos que tenham uma maior frequência de revisita, isto é, boa resolução temporal, espacial, espectral e radiométrica, além de outros requisitos como o tamanho da faixa imageada e ausência de cobertura de nuvens. Desta forma, a escolha das informações de SR deverá ser feita de acordo com a finalidade do estudo, ou seja, as exigências precisam ser adaptadas às diferentes informações que estão disponíveis (FITZ, 2008; NOVO, 2008; JENSEN, 2011).

O SR também é bastante utilizado para atualização de dados, principalmente em mapeamentos temáticos, além disto, ele contribui na validação de modelos numéricos climáticos globais que são feitos para mostrar os processos ambientais e as previsões de transformações emanadas do trabalho humano numa determinada localidade (FLORENZANO, 2002; NOVO, 2008; JENSEN, 2011).

Muitas pesquisas utilizam os produtos de SR para a quantificação e delimitação das queimadas na região amazônica do Brasil bem como ao proveito do movimento dos sistemas de ar que atuam sobre uma vasta área. Estas possibilidades são resultado da aproximação do SR com as geotecnologias, principalmente o SIG, tornando viável a extração de informações e correções frente à aplicação de diversos modelos em ambiente SIG, agregando valor e análise espacial às informações recolhidas do SR (FLORENZANO, 2002; NOVO, 2008; JENSEN, 2011).

O SR encontrou-se intimamente ligado aos conflitos bélicos – no sentido da necessidade de novas táticas militares de vigilância remota dos territórios antagônicos, possibilitando avanços na tecnologia - principalmente no que concerne ao comportamento de objetos na superfície terrestre verificados na região do infravermelho, cujo fim era a detecção de camuflagens durante a segunda guerra mundial (FLORENZANO, 2002; MOREIRA, 2005; FITZ, 2008; NOVO, 2008; JENSEN, 2011).

Após o fim da guerra toda a tecnologia ficou disponível para o uso civil, suscitando expressivo impulso no uso dos produtos para o levantamento e quantificação de recursos naturais. Novo (2008) destaca que em 1956 foram realizadas as primeiras sondagens e mapeamento da vegetação dos Estados Unidos tendo como fonte de informação as fotografias aéreas. No Brasil a observação com fotografias aéreas na escala de 1:25.000 iniciou-se em 1958 com o objetivo de se conhecer e levantar dados da Bacia Terciária do Vale do Rio Paraíba.

No estudo da vegetação do Brasil o SR foi utilizado na elaboração dos primeiros mapeamentos temáticos efetuados na década de 1940 a partir de fotografias aéreas, caracterizando-se como trabalhos pontuais. Entretanto, é no Projeto RADAMBRASIL que o SR possui sua mais significativa participação, contribuindo no levantamento de classes fisionômicas da vegetação em todo o território nacional. Ele auxiliou no conhecimento de estruturas geológicas, feições geomorfológicas e classificação pedológica a partir das informações extraídas do imageamento de um radar aerotransportado, servindo como referência em muitos outros estudos (PONZONI e SHIMABUKURO, 2009).

Observou-se após o término do Projeto RADAMBRASIL movimentos que visavam o aperfeiçoamento das técnicas de SR a nível orbital em consequência da sua difusão nos mais variados campos da academia, objetivando principalmente na análise das imagens oriundas dos sensores acoplados nos satélites da série *Landsat* que diferentes daqueles utilizados no Projeto RADAMBRASIL, operavam em outras regiões espectrais. Os novos estudos pautaram-se na elaboração de mapas temáticos e em testes que utilizavam as técnicas de realce e os classificadores automáticos (PONZONI e SHIMABUKURO, 2009).

3.3.2 Fundamentos do Sensoriamento Remoto

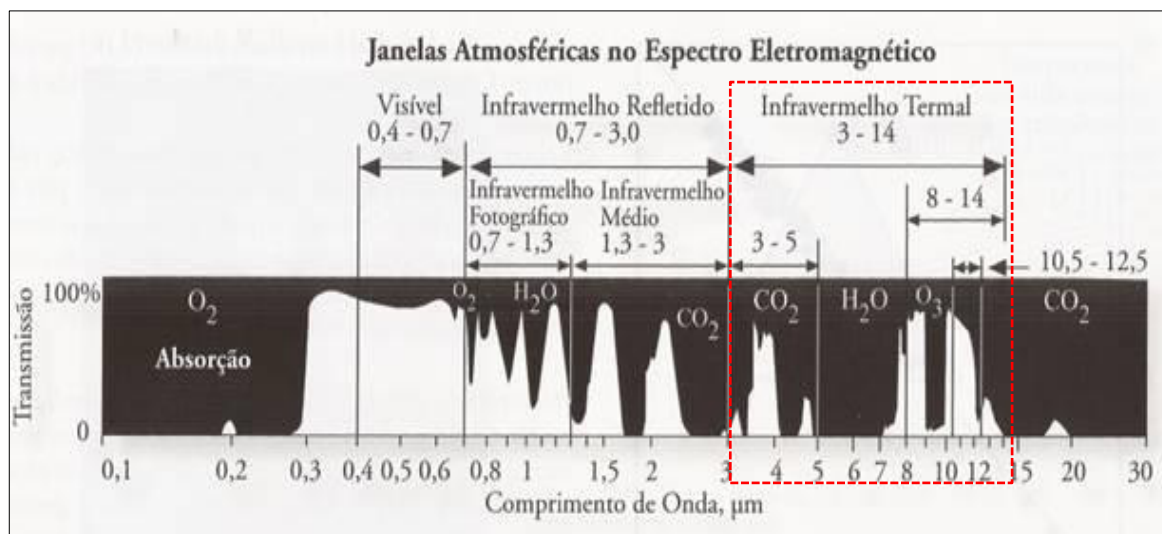
A base energética que fundamenta todos os princípios físicos do SR é a energia solar, que é a principal fonte de radiação eletromagnética que chega até a superfície terrestre (MOREIRA, 2005; NOVO, 2008). A energia solar desenvolve-se por meio do ciclo próton-próton, cujo resultado final é apresentado em forma de neutrinos e fótons, que são espalhados, absorvidos e reemitidos pelo Sol. Ademais, na interação com a matéria os fótons tendem a perder energia, transformando-se em radiação eletromagnética visível e infravermelha quando migram de sua origem para um destino (FONSECA e FERNANDES, 2004; NOVO, 2008).

Na superfície terrestre os fótons perdem sua intensidade em face aos efeitos causados pelos componentes da atmosfera, principalmente o Vapor de água (H_2O), Oxigênio (O_2), Ozônio (O_3) e o Gás Carbônico (CO_2), constituindo-se como aqueles responsáveis pelo processo de absorção da radiação eletromagnética (JENSEN, 2011; MENESES, 2012).

A absorção ocorre em regiões opacas da atmosfera, onde os componentes barram demasiada quantidade de radiação eletromagnética antes mesmo que ela atinja qualquer objeto na superfície, impedindo que seja feito o registro pelo sensor remoto. Entretanto, conforme ilustra a Figura 10 entre as regiões opacas existem outras que são relativamente transparentes e que recebem o nome de janelas atmosféricas (JENSEN, 2011). É graças a elas que a tecnologia baseada no registro e análise das interações entre a radiação eletromagnética e os objetos da superfície tornou-se possível, pois nas janelas atmosféricas a energia eletromagnética quase não é afetada pelos componentes da atmosfera (NOVO, 2008; LORENZZETTI, 2015). É fundamentado nas características das janelas atmosféricas que os sensores remotos são construídos.

Para a realização do mapeamento termal são utilizados imagens de sensores que são sensíveis à radiação infravermelha nas janelas atmosféricas como os detectores *Thematic Mapper* dos satélites da série *Landsat-4*, *5*, e o sensor *TIRS* para o *Landsat-8*.

Figura 10 – Janelas Atmosféricas com destaque para a região do Infravermelho Termal.



Fonte: (JENSEN, 2011:256).

Conforme já mencionado, é através da radiação eletromagnética que a energia do Sol interage com a matéria, entretanto⁵ também é por meio dela que as informações de um objeto assentado na superfície chegam até ao sensor acoplado nos satélites. Novo (2008:11) define a Radiação Eletromagnética - REM “como uma forma dinâmica de energia que se manifesta a partir de sua interação com a matéria”.

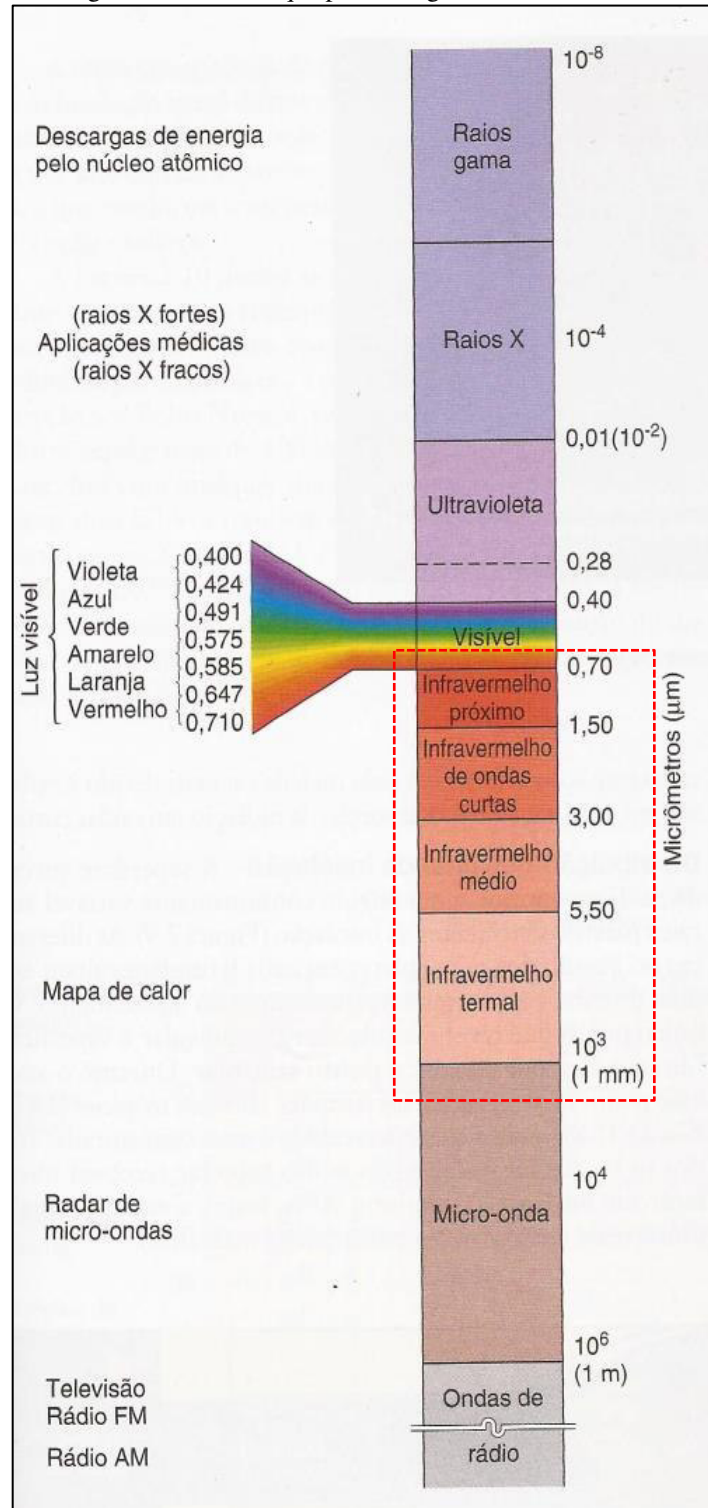
Oriunda do Sol ou da superfície terrestre a REM propaga-se em forma de ondas, isto é, são disseminadas por meio de um campo eletromagnético num movimento ondulatório. As ondas eletromagnéticas apresentam uma frequência e comprimento, que correspondem respectivamente à quantidade de vezes que ela passa por um ponto do espaço (expressa em Hertz) e na distância entre dois máximos (expresso em metros) (FLORENZANO, 2002).

Observa-se que o comprimento de onda é inversamente proporcional à frequência da REM e esta é diretamente proporcional à velocidade de propagação, isto é, quanto maior for a frequência menor será o comprimento de onda (FONSECA e FERNANDES, 2004). Sobre as ondas eletromagnéticas, Novo (2008) acentua que a frequência não se altera quando interage com a matéria, entretanto as mudanças na velocidade de propagação de uma onda alteram o seu comprimento.

⁵ Outra fonte importante de radiação eletromagnética é a própria Terra, cujo espectro de emissão pode ser modelado por um corpo negro à Temperatura de 300 K. O corpo negro é um modelo físico que permite modelar a energia emitida por uma fonte a uma taxa máxima por unidade de área e por comprimento de onda, a uma dada temperatura. Um corpo negro absorve toda a energia que nele incide, e também emite toda a energia absorvida (NOVO, 2008:23).

A Figura 11 apresenta o chamado espectro eletromagnético, que corresponde a “distribuição da radiação eletromagnética, por regiões, segundo o comprimento de onda e a frequência” (FLORENZANO, 2002:11).

Figura 11 – Espectro Eletromagnético com destaque para a Região do Infravermelho.



Fonte: (CHRISTOPHERSON, 2012:47).

Já a Tabela 2 mostra que o espectro eletromagnético divide-se em diferentes regiões, de acordo com sua frequência e comprimento de onda. Novo (2008) e Jensen (2011) esclarecem que esta divisão esta baseada em alguns critérios como os fatores físicos que originam a REM, a interação entre a REM e os objetos sobre o qual ela incide diretamente e as regiões na qual a atmosfera é relativamente transparente, isto é, as janelas atmosféricas.

Tabela 2 – Regiões do espectro eletromagnético com destaque para a radiação visível e infravermelha.

| ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO | |
|---------------------------------|---|
| Radiação Gama | Emitida por materiais radioativos e pelo Sol. Localiza-se no espectro eletromagnético antes dos raios X, Tem aplicações na medicina (radioterapia) e em processos industriais, principalmente na conservação de alimentos. |
| Raios X | Radiações cujas frequências de onda estão acima das da radiação ultravioleta. São muito usados em radiografias e em estudos de estruturas cristalinas de sólidos. Os raios X provenientes do Sol são absorvidos pelos gases na alta atmosfera. |
| Radiação Ultravioleta (UV) | Conjunto de radiações compreendidas na faixa espectral de 0,01 a 0,38 μm . Estas radiações são muito produzidas durante as reações nucleares no Sol. Entretanto, ao atingir o topo da atmosfera terrestre, são quase totalmente absorvidas pelo gás ozônio (O_3). |
| Radiação Visível (Luz) | <u>Conjunto de radiações eletromagnéticas compreendidas entre 0,39 e 0,70 μm. As radiações contidas nesta faixa de comprimento de onda, ao incidirem no sistema visual humano, são capazes de provocar uma sensação de cor no cérebro.</u> |
| Radiação Infravermelha (IV) | <u>Conjunto de radiações eletromagnéticas cujos comprimentos de onda variam de 0,7 a 1.000 mm. Situam-se no espectro eletromagnético entre a luz vermelha e as micro-ondas. Esta radiação é dividida em três faixas espectrais: IV próximo (0,7 a 1,1 μm), IV médio (1,1 a 3,0 μm) e IV distante (3,0 e 1.000 μm)⁶</u> |
| Microondas | Radiações eletromagnéticas que se estendem pela região do espectro de 1.000 μm até cerca de 1×10^6 (elevado a menos 6). São mais comumente referenciadas em Hertz e seus múltiplos, estado, neste caso, compreendidas entre 300 GHz a 300 MHz. |
| Ondas de Rádio | Conjunto de radiações com frequências menores que 300 MHz. Estas ondas são utilizadas principalmente em telecomunicação e radiodifusão. |

Fonte: Adaptado de (MOREIRA, 2005:22).

⁶ Grifo nosso.

3.3.3 A região do infravermelho termal

Trata-se de uma faixa do espectro eletromagnético na qual o fluxo radiante que é captado pelo sensor remoto é emitido pelo alvo localizado na superfície. A natureza e intensidade do fluxo radiante no infravermelho termal remetem-se principalmente à temperatura do objeto em superfície e é também determinada pela sua emissividade (LORENZETTI, 2015).

Diferente da energia do visível os olhos humanos não são capazes de detectar a energia do infravermelho, sendo orientados por sensores especiais que fornecem uma gama de informações principalmente no que concerne ao monitoramento das propriedades térmicas (NOVO, 2008; JENSEN, 2011; MENESES, 2012). Essas informações contribuem na realização de estudos multitemporais com vistas à observação das variações termais da paisagem urbana ao longo do tempo, verificando como as transformações no uso e cobertura da terra influenciam no comportamento térmico das cidades (JENSEN, 2011).

A apropriação do SR no infravermelho termal se dá especialmente na conversão do calor cinético (T_{kin}) para energia radiante (T_{rad}). Todavia, destaca-se que nem sempre essa relação efetua-se de forma exata ou completa, pois as medidas de temperatura radiante feitas pelo sensor tendem a ser menores do que a temperatura cinética do objeto, principalmente para as superfícies terrestres. Essa diferença remete-se às propriedades térmicas de cada objeto, denominada “Emissividade (ϵ)” (JENSEN, 2011).

De acordo com Jensen (2011:258) “Emissividade (ϵ) é a razão entre a radiância real emitida por um corpo do mundo real radiando seletivamente (M_r)⁷, e um corpo negro à mesma temperatura termodinâmica (cinética) (M_b)”

Objetos que são constituídos por diferentes materiais e que apresentam distintas condições de rugosidade na superfície exibem diferentes espectros de emissão numa mesma temperatura. Neste sentido a análise dos diferentes padrões de emissividade utiliza um referencial (objeto-padrão) denominado de *corpo negro* que é caracterizado como a porção idealizada de matéria que absorve e emite REM em todo o espectro eletromagnético (JENSEN, 2011). Entretanto as feições encontradas na superfície terrestre não se apresentam efetivamente como *corpos negros*, assim elas tendem a emitir proporções de REM infravermelha termal, logo, qualquer

⁷ A maioria dos corpos se comporta como *radiadores seletivos*, isto é, sua emissividade espectral varia ao longo do espectro, podendo entretanto, ser constante dentro de faixas espectrais específicas, ou se comportar como um corpo negro ($\epsilon = 1$) em algumas faixas (LORENZETTI, 2015:187)

objeto real terá uma emitância menor⁸ que um *corpo negro*, que por definição possui emissividade igual a 1 (JENSEN, 2011; LORENZETTI, 2015).

Lorenzetti (2015) evidencia que a emissividade mensura a propriedade de emissão de REM que um objeto real possui com relação à propriedade máxima de um corpo negro na mesma temperatura, ou seja, se um corpo/objeto possui emissividade igual a 0,8, quer dizer que este material emite 80% do fluxo emitido por um objeto negro na mesma temperatura e num determinado comprimento de onda do espectro eletromagnético.

Tomlinson et al. (2011) destacam como muito dificultoso o processo de mensuração da emissividade em função da heterogeneidade de uma superfície que não se comporta como um corpo negro. É necessária a utilização de valores típicos de emissividades estabelecidos em literatura (Tabela 3). Além disto, as correções de emissividade são realizadas através de algoritmos muito complexos e que demandam extensas validações.

⁸ (...) a emitância espectral radiante do mundo real é sempre menor do que a emitância espectral radiante do corpo negro à mesma temperatura. Portanto a emissividade dos materiais do mundo real deve ficar em algum lugar entre 0 e 1 mas nunca igualar-se a 1. Alguns materiais como a água destilada têm emissividade próximas a 1 (0,99) no intervalo de comprimento de onda de 8-14 μm . Outros, como alumínio polido (0,08) e aço inoxidável (0,16) têm emissividades baixas. (JENSEN, 2011:258).

Tabela 3 - Emissividade para diversos materiais na faixa espectral do infravermelho termal.

| Material | Emissividade (ϵ) |
|------------------------------------|---|
| Água Destilada | 0,99 |
| Água | 0,92 – 0,98 |
| Água com filme de óleo | 0,972 |
| Concreto | 0,71 – 0,90 |
| Asfalto | 0,95 |
| Cimento/pedra | 0,97 |
| Solo siltoso seco | 0,92 |
| Solo siltoso úmido | 0,95 |
| Solo arenoso | 0,90 |
| Tijolo, vermelho e áspero | 0,93 |
| Vegetação, dossel fechado | 0,98 |
| Vegetação, dossel aberto | 0,96 |
| Grama | 0,97 |
| Madeira, carvalho aplainado | 0,90 |
| Floresta decídua | 0,97 – 0,98 |
| Floresta de coníferas | 0,97 – 0,99 |
| Aço Inoxidável | 0,16 |
| Alumínio, folha | 0,05 |
| Alumínio, pintura | 0,08 |
| Alumínio, polido | 0,55 |
| Metais polidos | 0,16 – 0,21 |
| Aço anodizado | 0,70 |
| Granito | 0,86 |
| Basalto, grosseiro | 0,95 |
| Neve | 0,83 – 0,85 |
| Pintura | 0,90 – 0,96 |
| Pele Humana | 0,98 |

Fonte: (JENSEN, 2011:260).

Como observado, a emissividade é uma importante variável na mensuração da temperatura oriunda do SR no infravermelho termal, pois dois objetos reais podem estar sob mesma condição térmica (temperatura cinética), mas apresentarem distintos valores na temperatura radiante (JENSEN, 2011). Neste sentido verifica-se que os principais fatores que influenciam na emissividade de um objeto real em superfície são:

- **Cor** – objetos de coloração escura são os melhores absorvedores e emissores que objetos de coloração clara, que tendem a refletir mais a energia incidente;
- **Composição química**;
- **Rugosidade superficial** – quanto maior a rugosidade superficial de um objeto em relação ao tamanho do comprimento de onda incidente, maior a área superficial do objeto e o potencial para absorção e re-emissão de energia;
- **Teor de umidade** – quanto mais umidade um objeto contém, maior é a capacidade para absorver energia e tornar-se um bom emissor. Partículas de solo úmido têm uma alta emissividade, similar à da água;
- **Compactação** – o grau de compactação do solo pode afetar a emissividade solo;
- **Campo de visada** – a emissividade de uma única folha medida com um radiômetro termal de resolução muito alta será diferente da emissividade da copa inteira de uma árvore vista usando um radiômetro de resolução espacial mais grosseira
- **Comprimento de onda** – a emissividade de um objeto é geralmente considerada como sendo dependente do comprimento de onda. Por exemplo, enquanto a emissividade de um objeto é frequentemente considerada como sendo constante na região de 8-14 μm , sua emissividade na região de 3-5 μm pode ser diferente;
- **Ângulo de visada** – a emissividade de um objeto pode variar com o ângulo de visada do sensor (JENSEN, 2011:258 e 259).

3.3.4 A Temperatura da Superfície Terrestre

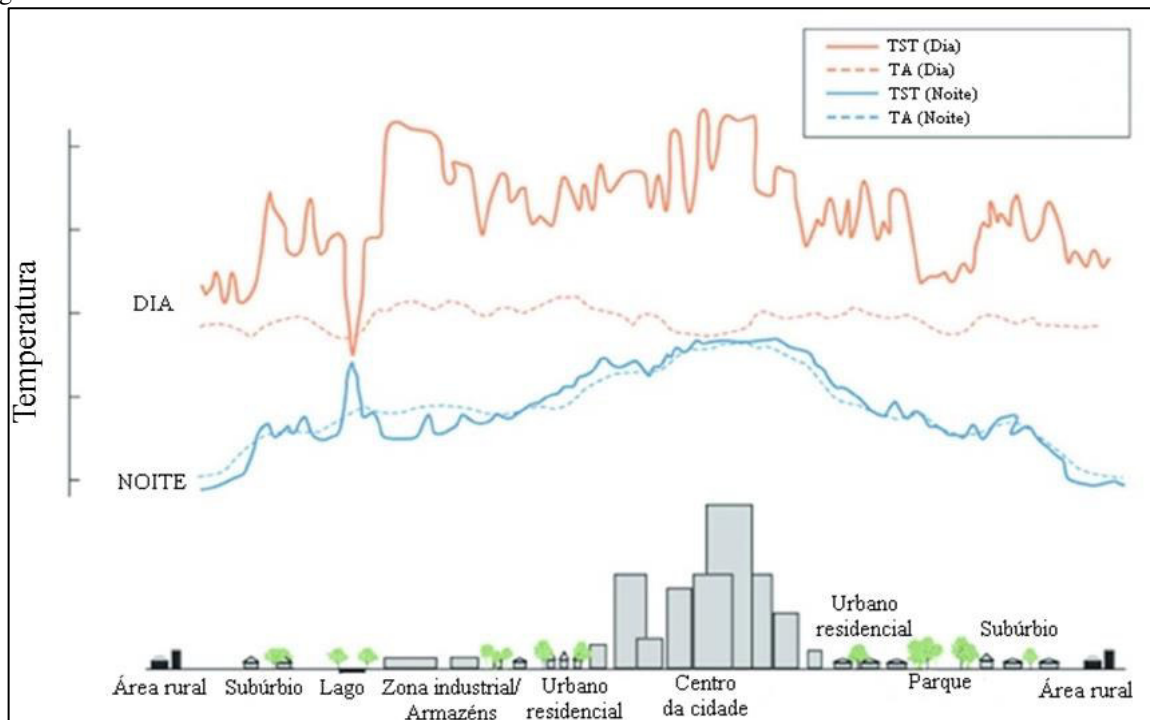
A TST consiste numa variável da climatologia e também se apresenta como medida de orientação no diagnóstico da superfície e sua interação com a atmosfera. Trata-se de uma propriedade térmica que faz referência ao fluxo de calor que chega e sai de um corpo, isto é, seu balanço de radiação, e tem sido amplamente utilizada para inferir os fluxos de calor de superfície, umidade do solo e a evapotranspiração da vegetação (VOOGT e OKE, 2003). No clima urbano a TST contribui na influência da TA nas camadas mais baixas da troposfera urbana (COLLISCHONN, 2005).

Ressalta-se que a TST e a TA são elementos climáticos distintos, caracterizados pelo aquecimento da superfície no nível dos telhados e o aquecimento da atmosfera nas proximidades da superfície. A Figura 12 corrobora com a afirmação da diferença entre a TST e a TA, visto que no período matutino a TST encontra-se mais elevada do que a TA. Todavia, verifica-se que é no período noturno que a disparidade existente entre as duas é relativamente menor. Sobre a TA e a TST:

Ambas podem ser utilizadas como parâmetros diferentes para a definição, por exemplo, de unidades climáticas intra-urbanas, mas não podem ser consideradas iguais, pois enquanto a temperatura do ar é mensurada dentro do meio urbano a temperatura de superfície é obtida pela leitura de sensores à distância, que captam a temperatura da superfície dos objetos, em uma área (dependendo da resolução) que corresponde a um “pixel” na imagem, é a soma dos componentes individuais (árvores, vias, edifícios, zonas de sombra, etc.) ponderada por suas respectivas

superfícies, refletindo, portanto a temperatura do elemento mais representativo que o compõe (FIALHO, 2009:75).

Figura 12 – TST e TA.



Fonte: Adaptado de (NJOKU, 2013:889).

Tradicionalmente a mensuração da TST era realizada por meio de medições *in situ*, entretanto a distribuição irregular e as limitações nos locais de observação minimizaram a utilização destas ferramentas. Com o advento das imagens de satélite de média e alta resolução espectral e espacial o SR passou a ser amplamente utilizado na TST (COLLISCHONN, 1998).

Assim, considera-se o SR como a principal ferramenta para a mensuração e observação da TST – permitindo a promoção de avaliações espaciais e temporais por meio das vantagens da extensa cobertura da superfície (imageamento de grandes áreas) (COLLISCHONN, 2005). Ela fundamenta-se fisicamente na lei estabelecida por Planck - quanto maior temperatura num comprimento de onda, maior será a REM emitida por um corpo negro (objeto-padrão), desta forma, o grau de REM infravermelha termal que chega até ao sensor remoto é proveniente da emissão de radiação feita pela superfície, atmosfera e a fração de energia térmica que é refletida (COLLISCHONN, 1998).

As propriedades como a emissividade dos materiais e estado da atmosfera influenciam nos valores da TST (VOOGT; OKE, 2003; CORREA; COELHO; VALE, 2015). Ela também é dada em função da estrutura da superfície urbana, das características térmicas dos materiais

utilizados nas construções e assim como a TA, é também influenciada pela geomorfologia e pela atuação dos sistemas atmosféricos (CORREA, COELHO; VALE, 2015).

Muitos pesquisadores aceitam a contribuição do SR nos estudos de clima urbano, principalmente no que concerne ao comportamento da TST (MENDONÇA, 1994; COLLISCHONN, 1998; FIALHO, 2009, CORREA, COELHO; VALE, 2015), tendo em vista que as estimativas da TST possibilitam o estabelecimento correlacional com o uso e cobertura da terra, viabilizando estudos de ordem meso escalar nas áreas do meio ambiente e planejamento urbano. Corroborando com a afirmativa, Mendonça (1994) evidencia que “(...) o campo térmico das cidades, enquanto subdivisão do clima urbano tem sido aquele no qual mais se tem empregado as imagens de satélites, notadamente no estudo das ilhas de calor urbano” (MENDONÇA, 1994:51).

As técnicas de SR têm sido amplamente utilizadas no mapeamento da TST de grandes áreas no nível de regiões metropolitanas propiciando uma visão ampla e de conjunto. Entretanto os principais entraves residem na dificuldade em realizar estudos sequenciais por conta das condições atmosféricas que nem sempre são favoráveis à mensuração, principalmente a nebulosidade (CORREA, COELHO; VALE, 2015). Além disto, esta ferramenta apresenta somente uma vista panorâmica da temperatura no nível de superfície, suprimindo a temperatura das paredes (vertical) e sob as árvores (sombreada) (GARTLAND, 2010).

A topografia do terreno - principalmente no que se refere à exposição das vertentes ao azimute solar, pode induzir valores diferentes da TST. Ela pode acarretar numa vertente com mesmo uso e cobertura, diferentes comportamentos por conta das distintas respostas espectrais causadas pela iluminação e sombreamento que ela recebe (FIALHO, 2009; NASCIMENTO, 2011).

Outro fator são as características da superfície urbana que é demasiada heterogênea, dificultando a mensuração da emissividade espectral de cada material e tornando um valor generalizado para diferentes áreas. Conforme aponta Collischonn (1998), a maioria dos estudos da TST nas áreas urbanas utiliza o valor de 0,92 a 0,95 para a variável emissividade. Apesar da dificuldade apresentada, Voogt e Oke (2003) e Tomlinson et al. (2011) mostram que ainda existem poucos estudos que debruçam na observação direta das características de emissividade.

Deste modo, as imagens orbitais de SR são importantes ferramentas para a localização e avaliação das Ilhas de Calor de Superfície e Ilhas de Frescor de Superfície, principalmente caso exista uma condição de estabilidade no estado da atmosfera. Assim, legitima-se a utilização do SR e das técnicas em ambiente SIG para a mensuração e espacialização da TST, pois eles permitem conhecer como se processam, tanto espacialmente quanto temporalmente a TST numa dada localidade.

3.3.5 O programa *Landsat*

Fernandes e Fonseca (2004) destacam que o Programa *Landsat* teve início na década de 1970, com o lançamento do satélite ERTS-1 - *Earth Resource Technology Satellite*, que passou a ser conhecido como *Landsat-1*. Até o ano de 1983 este satélite esteve em conduta experimental, sendo posteriormente dado como operacional - momento no qual foram iniciados os processos de comercialização, distribuição e as primeiras avaliações das imagens.

De acordo com o USGS (2015) as imagens disponibilizadas pelos satélites da série *Landsat* fornecem dados que são extremamente valiosos para a pesquisa, principalmente no que concernem às mudanças no uso e cobertura da terra. Através desta funcionalidade, as imagens *Landsat* têm sido amplamente empregadas na silvicultura, agricultura, geologia, planejamento urbano e até na educação. Tão importante é a importância, que esta série é conhecida como a maior de todas entre aquelas que monitoram a superfície global a partir de uma resolução espacial moderada (HOLLER, 2013).

O Programa *Landsat* é organizado pela NASA – *Aeronautics and Space Administration* e do USGS. A função da NASA concentra-se no desenvolvimento dos instrumentos de SR e também das naves espaciais nas quais serão acoplados os sensores, além da responsabilidade no lançamento para órbita e validação do desempenho de todos os instrumentos. Já o USGS operacionaliza os satélites através do gerenciamento e recepção dos dados em superfície, é responsável pelo arquivamento das imagens e também pela distribuição e difusão dos dados (USGS, 2015).

Conforme mostra a Figura 13 o primeiro satélite foi lançado em órbita no dia 23 de julho de 1972, seguido pelos *Landsat-2,3* e *4* nos anos 1975, 1978 e 1982 respectivamente. Em 1984 foi lançado o *Landsat-5* que teve um tempo operacional de 28 anos e 10 meses – apresentando um período de funcionamento além do esperado. A sequência conhecida como *Landsat-6*

apresentou falhas ao alcançar a órbita em 1993 tornando-se inativo e foi logo seguido pelo *Landsat-7* que fora lançado com sucesso em 1999. Em 11 de fevereiro de 2013 foi lançado com êxito o *Landsat-8* acoplado no foguete Atlas V na base da Força Aérea na Califórnia – EUA.

Já está sendo executada uma nova parceria entre a NASA e o USGS no desenvolvimento e distribuição dos dados do novo satélite da série, o *Landsat-9*, com pretensão de lançamento em 2023 – dando continuidade a um dos maiores projetos de registro e observação da terra vista do espaço.

Figura 13 - Linha do tempo da série *Landsat*, iniciada em 1972.



Fonte: (USGS, 2015).

Conforme já comentado o *Landsat-5* foi lançado em 1984. Segundo comentam Fernandes e Fonseca (2004) ele apresentou uma órbita heliossíncrona e esteve numa altitude de 705 km com uma inclinação de 98,2°. O satélite conseguiu detectar em cada cena uma faixa de aproximadamente 170 km (norte e sul) e 183 km (leste e oeste), estabelecendo uma resolução temporal de 16 dias e uma resolução espacial de 30 metros para as bandas de 1 a 5 e 7 e de 120 metros para a banda 6, que por sua vez foram rearranjadas pelo USGS e disponibilizadas para o usuário final com uma resolução espacial de 30 x 30 metros (Tabela 4).

O *Landsat-5* apresentou em sua estrutura o sensor *Thematic Mapper* – TM, que registra a REM nas regiões do visível, infravermelho próximo, médio e termal do espectro

eletromagnético. O sensor TM registrou imagens multiespectrais de melhor resolução espacial, temporal, espectral e radiométrica do que aqueles encontrados no sensor *Multispectral Scanner* (MMS). Na Tabela 4 é possível verificar as características do sensor TM do satélite *Landsat-5*.

Tabela 4 - Características do satélite *Landsat-5*.

| CARACTERÍSTICAS DO SENSOR - TM (Thematic Mapper) | |
|--|---|
| Bandas espectrais | Banda 1 - (0.45-0.52 μm) - Azul Banda 2 - (0.52-0.60 μm) - Verde Banda 3 - (0.63-0.69 μm) - Vermelho Banda 4 - (0.76-0.90 μm) - IV Próximo Banda 5 - (1.55-1.75 μm) - IV Médio Banda 6 - (10.40-12.50 μm) - IV Termal Banda 7 - (2.08-2.35 μm) - IV Médio |
| Resolução espacial | Bandas 1-5 e 7 - 30 metros Banda 6 - 120 ⁹ (30) metros |
| Largura da faixa imageada | 170 km (norte e sul) e 183 km (leste e oeste) |
| Resolução temporal | 16 dias |
| Resolução radiométrica | 8 bits |

Fonte: USGS, 2015.

Já o satélite *Landsat-8* foi lançado em fevereiro de 2013 com início de suas atividades oficiais em maio do mesmo ano depois da realização de alguns ajustes e calibrações que foram necessários durante sua conduta experimental (USGS, 2015).

Um dos principais objetivos da missão *Landsat-8* consiste no fornecimento de imagens com boa qualidade nas faixas do visível e do infravermelho. Une-se aos substanciais objetivos a possibilidade na atualização e manutenção do banco de dados já existentes. A entrada dos novos dados são consistentes com os produtos *Landsat* já existentes, principalmente em termos da geometria da aquisição, calibração e as características espectrais, de modo a permitir comparações nas transformações em nível global e regional¹⁰ (USGS, 2016).

O *Landsat-8* é dotado de dois sensores principais conhecidos como OLI – *Operational Land Imager* e o TIRS – *Thermal Infrared Sensor*. O OLI registra os dados com uma resolução espacial de 30 metros no visível e infravermelho próximo, além da banda pancromática de 15 metros, fornecendo dados que são compatíveis com os produtos das missões anteriores. Além disto, este sensor conta com bandas específicas (Banda 1 – *ultra-blue* e Banda 9) para estudos

⁹A banda 6 do sensor TM foi adquirida com resolução de 120 metros, mas os produtos são redefinidos para 30 metros.

¹⁰ http://landsat.usgs.gov/l8handbook_section1.php

costeiros e para a detecção de nuvens Cirrus. Já o sensor TIRS contém duas bandas do infravermelho termal e são utilizadas para a mensuração da TST. A órbita do *Landsat-8* também é heliossíncrona, apresenta uma resolução temporal de 16 dias (Tabela 5) e consegue detectar em cada cena uma faixa de aproximadamente 170 km (norte e sul) e 183 km (leste e oeste).

Tabela 5 - Características do Satélite *Landsat-8*.

| CARACTERÍSTICAS DO SENSOR – OLI e TIRS | |
|--|--|
| Bandas espectrais | Banda 1 - (0.43 - 0.45 μm) – Aerossol, costeira Banda 2 - (0.45 - 0.51 μm) - Azul Banda 3 - (0.53 - 0.59 μm) - Verde Banda 4 - (0.64 - 0.67 μm) – Vermelho Banda 5 – (0.85 - 0.88 μm) – IV Próximo Banda 6 – (1.57 - 1.65 μm) – SWIR 1 Banda 7 - (2.11 - 2.29 μm) – SWIR 2 Banda 8 - (0.50 - 0.68 μm) - Pancromática Banda 9 - (1.36 - 1.38 μm) - Cirrus Banda 10 - (10.60 - 11.19 μm) – IV Termal Banda 11 – (11.50 - 12.51 μm) – IV Termal |
| Resolução espacial | Bandas 1-7 e 9 – 30 metros Banda 8 – 15 metros Banda 10 e 11 – 100 ¹¹ (30) metros |
| Largura da faixa imageada | 170 km (norte e sul) e 183 km (leste e oeste) |
| Resolução temporal | 16 dias |
| Resolução radiométrica | 16 bits |

Fonte: USGS, 2015.

3.3.6 Síntese dos estudos de clima urbano que utilizaram imagens de Sensoriamento Remoto na mensuração e identificação da Temperatura da Superfície Terrestre

Os primeiros relatos sobre o uso das imagens de satélite na identificação da TST são vistos na década de 1960 e 1970, relacionados principalmente com a difusão do SR nas pesquisas acadêmicas que realizavam análises das variações da TST (NASCIMENTO, 2011). Fundamentado nesta premissa, Fritz (1963) foi um dos pioneiros neste campo de pesquisa, utilizando imagens do satélite TIROS II ele analisou as oscilações da TST ao longo do dia nos EUA concluindo que a temperatura do solo (TST) teve uma variação substancialmente maior do que a TA (NASCIMENTO, 2011).

¹¹ * As banda 10 e 11 do sensor TIRS foram adquiridas com resolução de 100 metros, mas os produtos são redefinidos para 30 metros.

Outro estudo considerado pioneiro é o levantado por Rao (1972) que analisou o fenômeno da Ilha de Calor, por meio da combinação de imagens do satélite TIROS - mostrando que seria possível a realização de um estudo numa grande área, abarcando localidades como *New York, Philadelphia, Baltimore e Washington*, e medições *in situ* da temperatura junto à malha urbana (FIALHO, 2009; NASCIMENTO, 2011).

Buscando ampliar a contribuição do SR na mensuração da TST, Voogt e Oke (1997) apresentam o que eles denominam de Temperatura de Superfície Urbana Completa - TSUC, buscando mensurar a TST no nível do telhado e também da superfície urbana. Trata-se de uma tentativa de estimar a TST considerando a tridimensionalidade do espaço, isto é, superfícies verticais e horizontais.

González, Rodríguez e Zaballos (2003) analisaram o clima urbano por meio das imagens de satélites NOAA – sensor AVHRR, *Landsat-7* – ETM+ e estações meteorológicas no centro da península espanhola, em cidades que apresentam características físicas e econômicas muito diferentes. Houve um processo de correção radiométrica aplicado em ambas às imagens, mas somente para a imagem do satélite NOAA é que foram efetuados os procedimentos de correção atmosférica por meio do *software* ERDAS (Imagine 8.3.1). Na literatura os autores apontam somente a aplicação de uma equação para a determinação da temperatura de brilho considerando o fator emissividade que também é utilizado em toda a superfície do recorte de estudo. A TST obtida através do canal termal dos satélites foi comparada com os dados de temperatura do ar disponibilizados pelas estações meteorológicas instaladas ao longo do recorte.

Voogt e Oke (2003) apresentaram uma lista de estudos que tomaram o SR como base para a identificação da TST em diversos locais e com diferentes sensores tais como *Landsat*, NOAA e SPOT. Os autores destacam que os estudos pautaram-se na relação entre a TST e as transformações no uso e cobertura da terra, na relação entre a TST e o balanço de energia da superfície por meio da combinação de técnicas de SR e observações em campo e na relação entre as Ilhas de Calor de Superfície e atmosférica.

Tomlinson, et al. (2011) destacam e avaliam os produtos do SR como ferramenta a ser apropriada tanto na meteorologia quanto na climatologia, tendo como foco principal a sua utilização na mensuração da TST e identificação das Ilhas de Calor. Os autores destacam que é na década de 1970 em que as imagens de satélites foram empregadas na identificação das

Ilhas de Calor, apresentando progressiva utilização com o passar do tempo em função dos avanços na área geotecnológica como a melhoria na resolução espacial do sensor, disponibilização das imagens e as metodologias de mensuração. Também explanam que a série *Landsat* é uma daquelas que oferecem os produtos termais com uma das melhores resoluções espaciais vistas do espaço o que identifica o aumento nos estudos principalmente a partir de 2008, quando os dados são disponibilizados livremente. A calibração térmica e o imageamento somente ao período diurno são colocados como limitações nos dados desta série, todavia as imagens do canal termal do *Landsat* estão sendo amplamente utilizadas principalmente na identificação de Ilhas de Calor correlacionados com o uso e cobertura da terra e também através de outras metodologias complexas como análise fractal, dinâmica de fluidos e a modelagem – que possibilitou a criação da temperatura média de superfície.

Sobrino et al. (2013) avaliaram os efeitos da Ilha de Calor de Superfície através do SR para a cidade de Madri na Espanha. É interessante salientar que os autores já introduzem o artigo dizendo sobre as diferenças do fenômeno mensurado pelo SR, destacando que o parâmetro utilizado é a superfície da terra e não a temperatura do ar. A pesquisa foi realizada com o emprego de trinta imagens de alta resolução espectral e espacial do sensor *Airborne Hyperspectral Scanner* – AHS, e também com aplicação do algoritmo que considera o efeito da emissividade.

A correção atmosférica foi realizada através da equação de transferência radiativa que necessita de uma série de informações como a refletividade da camada atmosférica, irradiância solar, albedo, etc. Após este procedimento é feito o cálculo da refletividade da superfície, que utiliza dados do vapor de água em superfície – obtidos simultaneamente ao imageamento. Após este procedimento os autores comentam que a TST é obtida através do cálculo inverso da lei de Planck, considerando os efeitos atmosféricos e a emissividade.

Collischonn (1998) adotou o uso de imagens orbitais para avaliar o campo térmico de superfície da Região Metropolitana de Porto Alegre. Fundamentada em Nichol (1994) que utiliza a equação inversa de Planck e também considera os efeitos da emissividade na estimativa da TST, ela adota em seu estudo as técnicas de correção radiométrica e a inclusão do fator emissividade dos materiais de superfície. Em seu estudo a autora apropria-se da técnica do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada– NDVI, para a identificação das áreas cobertas e com supressão desta classe de uso (área não vegetada – que ganha uma coloração amarelada) além das regiões de corpos hídricos.

A realização dos processamentos digitais sobre a imagem do canal infravermelho termal e feito por meio do *software* Idrisi a partir da equação proposta por Nichol (1994) para o cálculo da TST. A TST foi reclassificada com intervalos de temperatura divididos em 2°C com mínima de <21°C e máxima de 37°C.

Barbosa e Vecchia (2009) apropriaram-se do canal infravermelho termal do satélite *Landsat-7* para a identificação da TST e também do que eles denominam Ilhas de Calor de Superfície para a cidade de São Carlos – SP. Os autores utilizam o software de SIG conhecido como Idrisi na versão 3.2 e afirmam que a utilização do SR mostrou-se muito viável na identificação e avaliação das Ilhas de Calor de Superfície. Para a realização do estudo e cumprimento dos objetivos proposto na pesquisa, eles inicialmente apropriam-se de um mapa de uso e cobertura da terra elaborado pela prefeitura para o Plano Diretor da cidade e posteriormente realizam o processo de correção geométrica do mapa. Após este procedimento é feito um novo mapeamento de uso e cobertura da terra a partir do classificador automático através de 8 classes.

Os procedimentos para a elaboração do mapa da TST são iniciados por meio da correção geométrica do canal infravermelho termal que é feito tomando os mesmos pontos de controle utilizados no mapa de uso e cobertura da terra. A TST é confeccionada através do algoritmo termal do Idrisi 3.2 elaborado especificamente para os satélites *Landsat-5* e *Landsat-7*. Para melhor identificação das Ilhas de Calor de Superfície os autores reclassificam a imagem em intervalos de temperatura de 4°C, com temperatura inicial de 29°C e final de 51,6°C.

Por fim é feito o cruzamento entre as informações do uso e cobertura da terra e da TST com a finalidade de observar a influencia dos usos na intensidade e formação das Ilhas de Calor de Superfície. As áreas mais aquecidas foram àquelas classificadas como área de comércio/serviços. Já as áreas livres e as áreas verdes foram aquelas que tiveram os registros mais amenos.

Cunha, Rufino e Ideião (2009) apropriaram-se das imagens termais do *Landsat-5* para determinar a TST da cidade de Campina Grande – PB. A pesquisa objetivou-se na análise relacional entre o comportamento da TST e o crescimento urbano de Campina Grande. Os autores utilizaram três imagens termais entre os anos de 1984, 1989 e 2007 e destacam a importância da aplicação das técnicas de correção atmosférica, que por sua vez dependem da realização das radiossondagens feitas no mesmo intervalo de tempo da aquisição das imagens.

Por se tratar de uma informação de difícil aquisição e execução, propõe-se utilizar procedimentos metodológicos que demandem o mínimo possível de dados *in situ*.

Neste sentido a obtenção da TST é feita pelo do algoritmo METRIC que é processado por meio do *software* ERDAS 9.1 na função *Model Marker*. As etapas metodológicas são as transformações dos níveis de cinza para radiância, reflectância e a equação inversa de Planck para a obtenção da TST. Esta pesquisa adota o fator emissividade que é obtido por meio do Índice de Área Foliar – IAF, sendo o valor da emissividade empregada para todo o recorte de estudo. As constantes de calibração do *Landsat-5* são feitas através de Chander e Markhan (2003), e a superfície de Campina Grande é avaliada pelo índice de vegetação - NDVI que utiliza os canais vermelho e infravermelho próximo – que possui melhor resposta espectral para a vegetação. Os autores verificam um significativo aumento na TST entre 1984 e 2007, exibindo uma diferença entre 8°C a 10°C na TST durante o intervalo temporal.

Em sua dissertação de mestrado, Nascimento (2011) realiza um estudo temporal das ilhas de calor de superfície na cidade de Goiânia-GO, tendo sua hipótese fundamentada na relação entre crescimento urbano, transformações no uso e cobertura da terra e formações de Ilhas de Calor.

Nascimento (2011) apropria-se das imagens do *Landsat-5* (bandas 3,4,5) para a confecção do mapa de uso e cobertura da terra que foi realizado através do algoritmo *mahalanobis*. Conforme descrito em sua pesquisa o algoritmo presente no *software* Envi 4.5 é um classificador automático híbrido que utiliza as amostras feitas pelo avaliador para gerar um mapeamento final, e foi aquele que apresentou a melhor classificação para o contexto do estudo. Após o procedimento o autor realiza uma espécie de correção por conta dos possíveis erros espectrais que o classificador automático ainda pudesse cometer. Já a estimativa da TST foi realizada no *software* Idrisi através do algoritmo *Thermal* – que se apropria da transformação dos níveis de cinza da imagem termal em valores da TST (por meio da equação inversa de Plank). O autor destaca que o algoritmo permite a escolha do padrão na unidade de temperatura (sendo escolhidos os Celsius) e também inserção do fator emissividade que não foi considerada.

Coelho e Correa (2013) foram um dos pioneiros na utilização do canal termal do *Landsat-8* na mensuração da TST no Município de Vitória. A pesquisa teve como objetivo a difusão nas operacionalizações para a obtenção da TST para o satélite recém-lançado, que apresentou

melhorias na resolução espacial para 30 metros. A TST foi calculada com base na sequência metodológica de Chander et al (2009) entretanto tal metodologia apresenta somente as constantes de calibração para o *Landsat-5 e 7*, assim para o *Landsat-8* os valores das constantes foram disponibilizadas pelo USGS. A pesquisa encontrou Ilhas de Calor de Superfície em quase todos os setores de uso classificado como Urbano/Indústria. Já as áreas de frescor são lotadas nas áreas de Cobertura Vegetal, Corpo D'água e nos efeitos de sombreamento no reverso da vertente.

Grondona, Veettil e Rolim (2013) monitoraram através de imagens termais do *Landsat-5* o desenvolvimento das Ilhas de Calor de Superfície da cidade de Porto Alegre durante duas décadas (1985, 1990, 1995, 2005 e 2005). As imagens orbitais foram obtidas num mesmo período sazonal (com variação entre os meses de maio e junho) e foram processadas através do *software* Erdas Imagine 2011. Os autores associam o aumento na TST e o desenvolvimento das Ilhas de Calor com as transformações no uso e cobertura da terra que Porto Alegre apresentou durante o intervalo de tempo, que por sua vez foram interpretadas através do índice de Vegetação NDVI. A TST é mensurada através da equação utilizada por Nichol (1994) e Collischonn (1998) a qual apropria-se do efeito emissividade da superfície – que nesta pesquisa também é utilizada para toda área de estudo através do valor encontrado pelo NDVI. Os autores destacam que as imagens sem correção atmosférica apresentaram melhor resultado, porque o ruído inerente ao canal termal é aumentado se os parâmetros atmosféricos (transmitância atmosférica, radiância, e vapor de água) não estiverem bem estabelecidos. Os resultados mostraram elevada relação entre a área urbanizada com as TST mais altas.

Silva (2014) analisou o comportamento térmico de superfície do Aglomerado da Região Metropolitana de Curitiba entre os anos 1985 e 2010, visando compreender a relação entre as formas de ocupação e a TST para diferentes condições de insolação (primavera/verão; outono/inverno), com o uso de imagens do satélite *Landsat-5*. As transformações no uso e cobertura da terra foram feitas por meio da utilização do NDVI, que possibilitou a identificação de áreas com vegetação e áreas com ausência dela. Já a TST foi obtida a partir da aplicação da equação encontrada em Nichol (1994) e utilizada por Collischonn (1998) que adota o fator emissividade no cálculo. Silva (2014) adota o valor de 0,92 para a emissividade tendo em vista a alta concentração de materiais urbanos encontrados no recorte de estudo.

Destaca também que existem propostas de correções atmosféricas para os canais termais, mas são ainda metodologias complexas e de difícil aplicação.

Correa, Coelho e Vale (2015) apropriando do canal termal do *Landsat-5* analisaram a influência de distintos sistemas atmosféricos (evento com predomínio de sistema frontal e sob influência do ASAS) no comportamento da TST para o Município de Vitória no ano de 2011. A metodologia de obtenção da TST é feita através da utilização dos procedimentos de Chander et al (2009) – contemplando a conversão dos níveis de cinza do canal termal para radiância seguida pela TST através da equação inversa de Planck. Neste estudo não foi aplicado nenhum procedimento de correção atmosférica nem considerado o fator emissividade. A TST foi comparada também com o uso e cobertura da terra que foi elaborado por meio do algoritmo de classificação supervisionada e híbrida conhecido como MAXVER. O estudo mostrou que na proximidade e atuação da frente fria as Ilhas de Calor de superfície são minimizadas, enquanto que, durante a ASAS são mais intensos. Além disto, mostra que, além do uso e cobertura da terra as condições no tempo também influenciam no comportamento da TST.

Oliveira (2015) estudou a distribuição espacial e temporal das Ilhas de Calor em Vila Velha entre 2008 a 2011 através das imagens termais do satélite *Landsat-5*. O autor apropria-se de uma metodologia que contempla os processos de correção atmosférica durante a obtenção da TST e realiza todos os procedimentos no *software* ArcMap. Tal proposta fundamenta-se no algoritmo *mono-window* (QUIN et al, 2001) que solicita três parâmetros para a obtenção da TST, sendo a emissividade da superfície, transmitância atmosférica (utiliza dados de umidade relativa do ar) e média da temperatura atmosférica efetiva - esta última obtida através dos dados da estação automática do município de Vitória.

O parâmetro emissividade é feito através do índice de vegetação conhecido como NDVI que reforça a presença da Cobertura Vegetal numa determinada superfície. De acordo com o resultado encontrado pelo índice é feita a estimativa da emissividade – sendo seu valor utilizado em toda a superfície, seja vegetada ou não. A partir desta metodologia é feito o mapeamento e identificação das Ilhas de Calor nas regiões norte e central da cidade. Ele ainda verifica que as áreas com os maiores valores na TST são aquelas onde o porte vegetativo é bastante suprimido.

Pavão et al (2015) utilizaram a imagem do canal termal do satélite *Landsat-5* para determinar a TST de Humaitá no Amazonas em distintas coberturas da terra num período seco e úmido. Os autores realizaram os procedimentos metodológicos no *software* ArcGis 10.2, sendo utilizado o algoritmo SEBAL para a estimativa da TST, com apropriação dos coeficientes de calibração encontrados em Chander e Markhan (2003). Neste sentido os procedimentos metodológicos são pautados na calibração radiometria (que é a transformação dos níveis de cinza presente em cada pixel para radiância); reflectância monocromática (razão entre a radiação refletida e a radiação incidente) e por fim a TST que foi obtida através da equação inversa de Planck, que por sua vez utiliza a radiância espectral da banda termal e também o fator emissividade. A pesquisa considera o valor de emissividade para a todo o recorte de estudo sendo ele obtido através do IAF, que dependendo do resultado, determina um valor para a emissividade.

Os autores constataram que no período mais úmido os valores médios da TST foram menores do que aqueles registrados no período mais seco. A cobertura da superfície também influenciou nos valores encontrados para a TST, com menor registro nas áreas de floresta e gradual aumento nas áreas dos campos e na zona urbana.

Pires e Junior (2015) utilizaram as imagens dos satélites *Landsat-7* e *8* para determinar a TST no entorno da UHE de Luís Eduardo de Magalhães em Palmas – TO. A pesquisa optou por seleccionar as imagens em condições meteorológicas semelhantes e no mesmo período sazonal, além disso, ela objetiva-se em apresentar os resultados da TST a partir de uma metodologia sem correção atmosférica e um método com correção atmosférica.

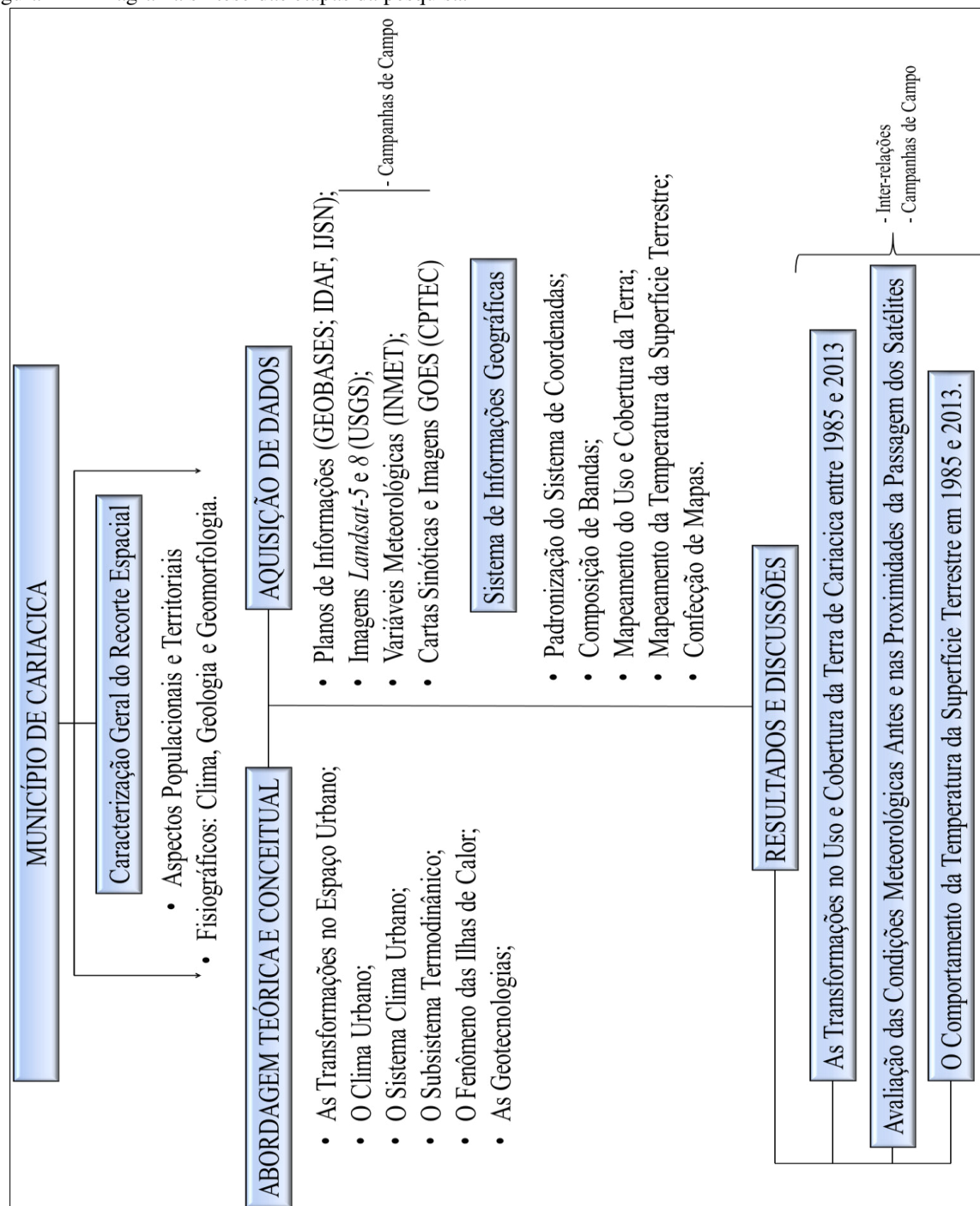
A obtenção da TST sem correção atmosférica é feita através da transformação dos níveis de cinza para radiância seguida para a transformação da radiância em graus Kelvin que é subtraído por 273,15 – gerando os valores em Célsius (°C). Para o cálculo da TST com correção atmosférica foram mensurados os valores de transmissividade atmosférica e radiância emitida e recebida pela superfície através da calculadora web da NASA. Para a realização desta correção é necessário que o pesquisador detenha os dados de pressão, temperatura e umidade relativa do ar do intervalo mais próximo a passagem do satélite. Após a aplicação deste procedimento é feito novamente a conversão dos níveis de cinza para radiância.

Os autores observaram que as imagens sem correção atmosféricas apresentaram TST mais baixas do que aquelas com correção atmosférica, entretanto a última mostrou maior similitude com a temperatura do ar. Expressam que as imagens de satélite apresentaram boa correlação e TST bem próximas, o que permite a comparação e utilização de ambas.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O capítulo quatro delinea os materiais e os procedimentos metodológicos e a Figura 14 mostra as principais etapas da pesquisa.

Figura 14 – Diagrama síntese das etapas da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo Autor. Maio/2016.

4.1 Materiais

4.1.1 Planos de informações

Consiste na sistematização e coleta dos planos de informações. Eles foram reorientados, quando necessário, para o *Datum* SIRGAS-2000 Zona 24 Sul/projeção UTM e utilizados para os mapeamentos temáticos (Tabela 6).

Tabela 6 – Relação dos planos de informações utilizados no estudo.

| Plano de Informação (.shp) | Fonte |
|---|----------|
| Área Efetivamente Urbanizada | IJSN |
| Áreas Especiais (REBIO Duas Bocas) | GEOBASES |
| Arruamento | GEOBASES |
| Curvas de Nível | GEOBASES |
| Ferrovia | GEOBASES |
| Geomorfologia ES (Unidades Geomorfológicas) | IJSN |
| Limites Estaduais | GEOBASES |
| Limites Municipais | IDAF |
| Massa de Água | GEOBASES |
| Trecho Rodoviário | GEOBASES |

Fonte: Organizado pelo Autor. Junho/2016.

4.1.2 Imagens de satélite.

Utilizou-se imagens dos satélites *Landsat-5* e *Landsat-8*, adquiridas pelo USGS através do endereço eletrônico: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. As cenas foram recortadas no limite municipal de Cariacica com vistas à minimização do tamanho do arquivo e melhor manuseio em ambiente SIG e reorientadas para o *Datum* SIRGAS-2000 Zona 24 Sul/projeção UTM (Tabela 7).

Tabela 7 - Relação das imagens dos satélites *Landsat-5* e 8 utilizadas no estudo.

| | Data da Passagem | Horário GMT | Azimute do Sol | Elevação do Sol | Órbita | Ponto |
|------------------|------------------|-------------|----------------|-----------------|--------|-------|
| Landsat-5 | 27/06/1985 | 12:15:03 | 42.45364236 | 32.70319060 | 216 | 074 |
| Landsat-8 | 27/08/2013 | 12:47:04 | 47.08479600 | 48.04976236 | 216 | 074 |

Fonte: USGS.

4.1.3 Dados da estação meteorológica

Com o intuito de realizar uma avaliação espacial e temporal da TST no Município de Cariacica entre os anos de 1985 e 2013 buscou-se realizar uma criteriosa seleção das imagens orbitais, tendo como premissa principal as condições de estabilidade no tempo atmosférico. A aquisição das imagens obedeceu inicialmente na averiguação das condições meteorológicas,

incluindo informações registradas no horário sinótico das 12:00 UTC (próximo à passagem dos satélites) dos seguintes atributos: temperatura do ar (bulbo seco), umidade relativa do ar, pressão atmosférica e velocidade do vento.

As variáveis meteorológicas foram adquiridas através do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, por meio do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP, catalogado pela Estação Climatológica 83648 localizada no município de Vitória (20°31'S e 40°31'W). Não foi possível a obtenção das variáveis meteorológicas do ano de 1985 em função da inexistência de dados para a estação Vitória entre o período de 1984 a 1986. Neste caso foram utilizados os dados das Normais Climatológicas de Vitória entre 1961 e 1990.

As condições da atmosfera dos dias anteriores e na proximidade horária da passagem dos satélites foram também acompanhadas por meio das cartas sinóticas de superfície, do satélite GOES e das análises sinóticas oriundas do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC, disponibilizadas no endereço eletrônico: <http://www.cptec.inpe.br/>. As cartas sinóticas de 1985 tem com fonte primária Ministério da Marinha – Serviço de Previsão do Atlântico Sul. Elas subsidiaram a compreensão das condições atmosféricas e foram interpretadas conforme orienta Zavattini (2014), constatando, para as duas datas no horário das 12:00 UTC, a atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) (Tabela 8).

Tabela 8 – Dados meteorológicos - 12:00 UTC.

| Data das imagens | Dados Meteorológicos às 12:00 UTC | | | |
|------------------|-----------------------------------|------------------|---------------------|---------------------|
| | Temperatura do ar | Umidade relativa | Pressão atmosférica | Velocidade do vento |
| 27/06/1985 | 22.3 ¹² | 77 ¹³ | - | - |
| 27/08/2013 | 24.6 | 76 | 1011.8 | 2,0 (m/s) |

Fonte: INMET (2013).

As imagens orbitais que foram escolhidas para o trabalho referem-se ao período representativo da estação inverno. Ele foi selecionado por ter apresentado melhor estabilidade

¹² Refere-se à Temperatura Média Compensada (°C) para o mês de Junho. Fonte: http://www.inmet.gov.br/webcdp/climatologia/normais/imagens/normais/planilhas/Temperatura-Media-Compensada_NCB_1961-1990.xls

¹³ Refere-se a Umidade Relativa do Ar Média Compensada (%) para o mês de Junho. Fonte: http://www.inmet.gov.br/webcdp/climatologia/normais/imagens/normais/planilhas/Umidade-Relativa-Mensal-Media-Compensada_NCB_1961-1990.xls

nas condições atmosféricas - principalmente a pequena ou ausência de cobertura de nuvens, que é um fator importante no SR.

4.2 Procedimentos Metodológicos (Técnicas de SR e SIG)

4.2.1 Padronização do sistema de coordenadas

Pautou-se na reprojeção do sistema de coordenadas, que originalmente chega até ao usuário em WGS 1984, Zona 24N / UTM, para SIRGAS 2000, Zona 24S e coordenada UTM. O procedimento é feito a partir dos seguintes comandos no ArcMap 10.1: *ArcToolbox > Data Management Tools > Projections and Transformations > Raster > Project Raster*.

4.2.2 Composição das bandas

A composição de bandas é um procedimento importante, pois é através dela que serão realizados os próximos processamentos digitais. Sabe-se que as imagens oriundas de SR são produzidas e disponibilizadas em tonalidades de cinza, variando do branco (objetos que refletem muita energia) ao preto (objetos que absorvem muita energia). A sobreposição de imagens de SR nos filtros das cores primárias azul, verde e vermelho geram imagens coloridas – fundamentadas no princípio físico de que as diferenças cromáticas são resultado da projeção da luz branca sobre tais cores, e nela, a cor de determinado objeto ficará por conta da quantidade de energia que será por ele emitida, pela mistura das cores através do processo aditivo e sua associação com a imagem (FLORENZANO, 2002; FITZ, 2008).

Nessa pesquisa, as bandas do satélite *Landsat-5* e do *Landsat-8* foram compostas em falsa cor vermelha - R4, G3, B2 e R5, G4, B3, para os dois satélites respectivamente. Atribuiu-se na composição colorida para o ano de 2013 a banda pancromática (nº8) do *Landsat-8*, melhorando a resolução espacial de 30m para 15m. Já as bandas 6 e 10 foram utilizadas no mapeamento termal.

4.2.3 Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra

O SR tem propiciado ligeiro crescimento no levantamento de informações, dados e atualizações cartográficas de diversas partes da superfície terrestre e o grande interesse no uso vem das muitas contribuições fornecidas - como o rápido imageamento (minutos e dias) associado a sua disponibilidade, acesso e gratuidade. Justifica-se desta forma a utilização das

imagens orbitais no levantamento das informações de uso e cobertura da terra como ferramenta que possibilita cartografar dois ou mais momentos distintos (FONSECA, 2000). Uma das formas mais exploradas no SR para a confecção de mapas de uso e cobertura da terra é a classificação digital de imagens que:

(...) diz respeito a associar cada pixel da imagem a um “rótulo” descrevendo um objeto real (vegetação, solo, etc.). Dessa forma, os valores numéricos (DNs) associados a cada pixel, definidos pela reflectância dos materiais que compõem esse pixel, são identificados em termos de um tipo de cobertura da superfície terrestre imageada (água, tipo de vegetação, de solo, de rocha, etc.), chamadas então de temas (CRÓSTA, 1993:107).

A classificação digital empregada neste trabalho para o mapeamento do uso e cobertura da terra é o método supervisionado da Máxima Verossimilhança – MAXVER¹⁴ (Equação 2), que se baseia na retirada de informações “*pixel-pixel*” com a intenção de encontrar e classificar regiões com características espectrais homogêneas. Trata-se da estratégia paramétrica mais utilizada em classificação do uso e cobertura da terra por meio de imagens orbitais. Neste método, são utilizadas as médias e as covariâncias dos *pixels* amostrados, sendo calculada a probabilidade de um *pixel* externo a essas amostras pertencer a elas. A distribuição dos valores da imagem em uma área de treinamento é descrita por uma função de probabilidade, onde tenha uma radiometria *R* similar à classe *C_i* (parâmetro do intérprete), estimada na estatística Bayesiana. O MAXVER posteriormente avalia a probabilidade de uma área pertencer à classe parâmetro através da função da verossimilhança (*L_i*) (RENNÓ, 1998; FITZ, 2008).

$$L_i = \frac{P(R/ C_i).P (C_i)}{P (R)} \quad (2)$$

Onde:

L_i - Verossimilhança;

P - Probabilidade;

R - Radiometria;

C_i - Classe (parâmetro do intérprete).

Moreira (2005) denota que a principal resistência na utilização do classificador MAXVER fica na dificuldade em obter amostras de *pixels* considerados puros para cada uma das classes.

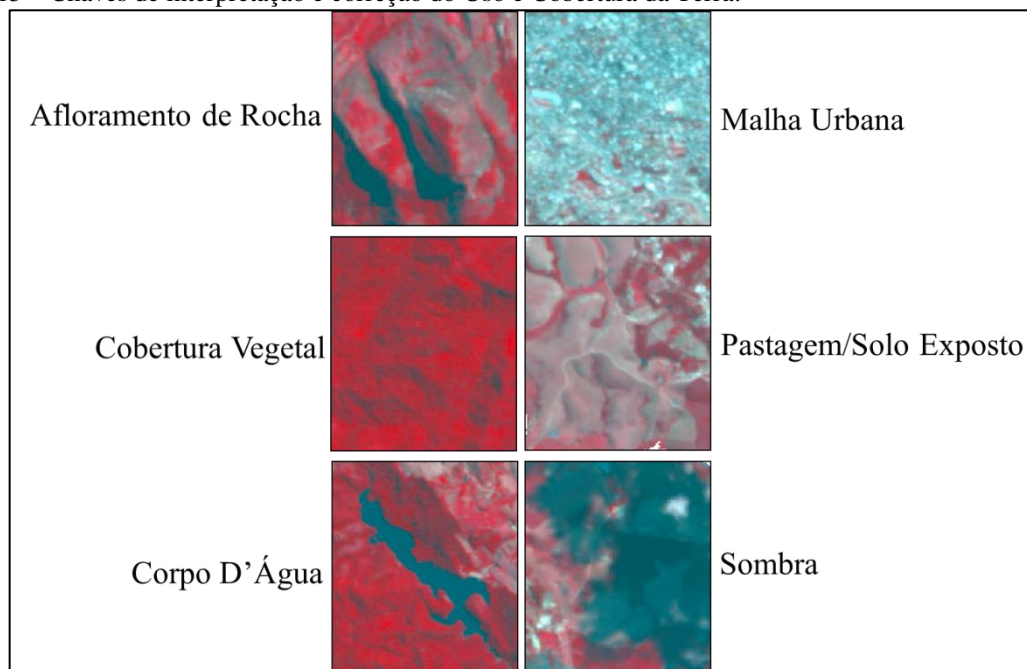
¹⁴ A classificação supervisionada diz respeito ao método que faz uso da capacidade interpretativa do técnico. Assim, uma imagem será classificada com base em determinados parâmetros definidos pelo profissional que, necessariamente, deverá ter conhecimento das características da área de trabalho (FITZ:2008:132).

A par disto, o intérprete deve empenhar-se para selecionar as áreas mais representativas possíveis para que seja permitida pelo classificador automático melhor obtenção estatística de uma determinada classe.

A distribuição de classes do uso e cobertura da terra obedeceu aos princípios estabelecidos pelo IBGE (2013) que apresenta alguns critérios para a utilização eficiente do SR durante uma classificação como a repetição dos mesmos resultados encontrados numa classificação entre sensores e intérpretes diferentes e a possibilidade de identificação dos múltiplos usos da terra na imagem. As classes mapeadas nessa pesquisa basearam-se no nível I do manual técnico de uso da terra, determinando que elas “podem ser discriminadas a partir da interpretação direta dos dados dos sensores remotos” (IBGE, 2013:45), sendo divididas alfabeticamente em: Afloramento de Rocha , Malha Urbana, Cobertura Vegetal , Corpo D’Água, Pastagem/Solo Exposto e Sombra.

Com a finalidade de representar cada um dos usos foram delineadas chaves de interpretação que também contribuíram na correção da classificação feita pelo MAXVER (Figura 15).

Figura 15 – Chaves de interpretação e correção do Uso e Cobertura da Terra.

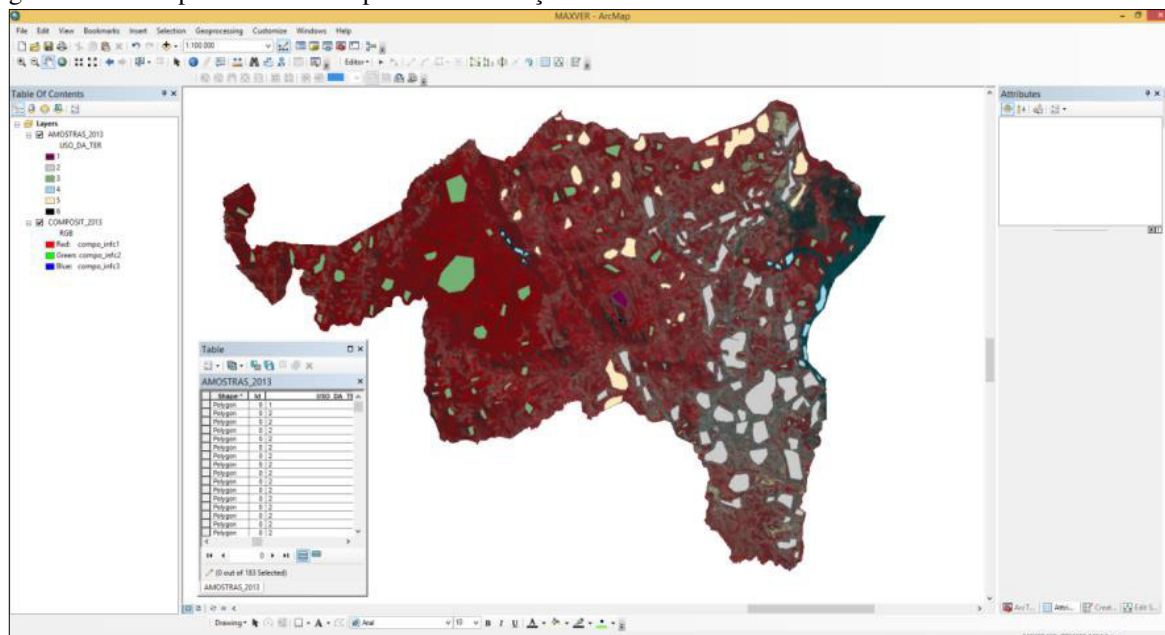


Fonte: Elaborado pelo Autor. Junho/2015.

Fundamentados no referencial e nas chaves de interpretação iniciou-se o processo de classificação do uso e cobertura da terra no *software* ArcMap 10.1 originando dois planos de informações em formato polígono denominado “AMOSTRAS_1985 e AMOSTRAS_2013”

(Figura 16). Esta etapa do trabalho consiste na fase de treinamento no qual foram vetorizados sobre a composição falsa cor vermelha em ambos os satélites, os exemplares de cada alvo de ocupação da terra. É a partir do treinamento que o classificador automático definirá a dispersão de outras classes conforme a probabilidade de aproximação de *pixels*.

Figura 16 – Exemplos de amostras para a classificação do Uso e Cobertura da Terra.

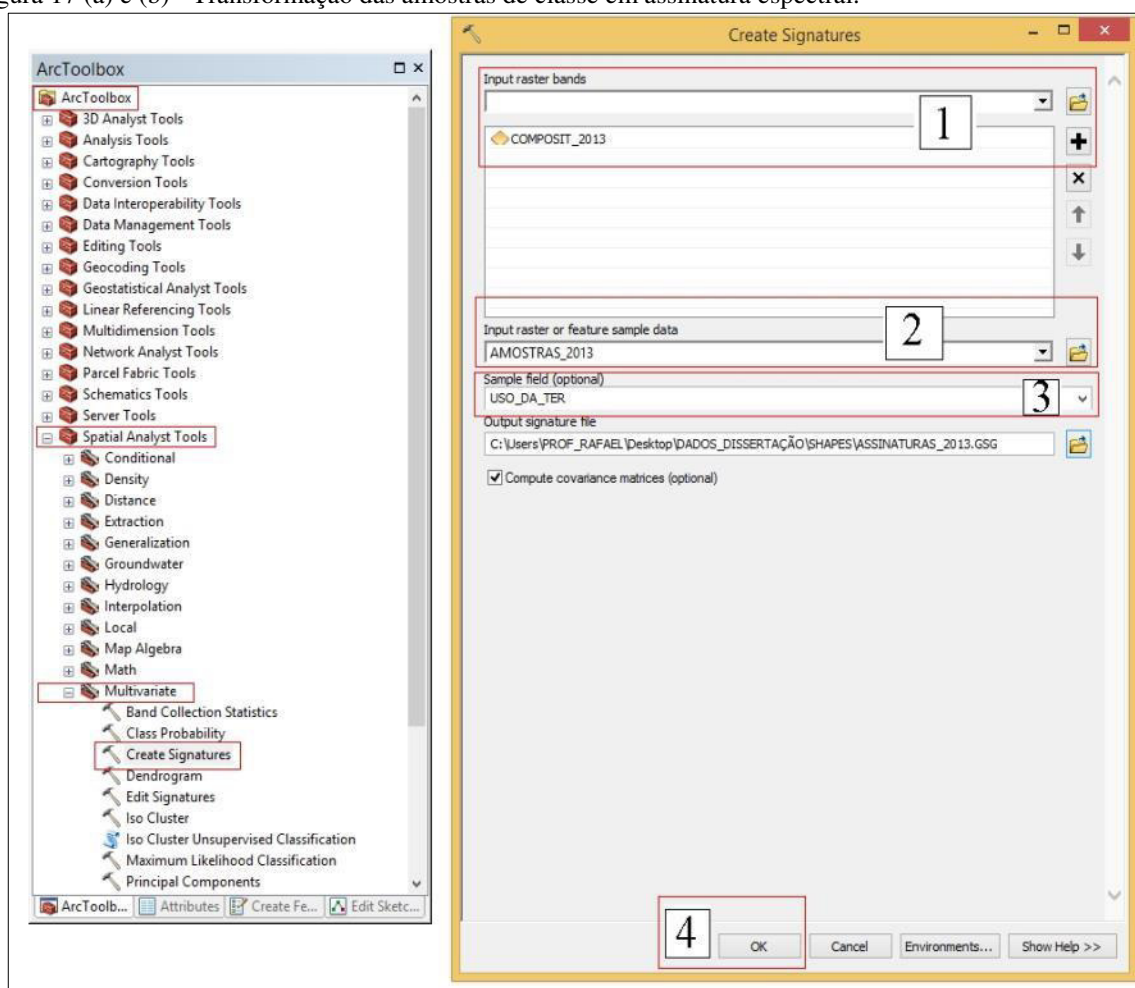


Fonte: Captura de Tela do ArcMap 10.1.

A próxima etapa consistiu na transformação das amostras para assinatura espectral, isto é, conversão do plano de informações para reflectância dos objetos de cada classe. No ArcMap 10.1 ela é feita a partir dos comandos *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Multivariate > Creat Signatures*, conforme ilustra a Figura 17 (a). Em concordância a Figura 17 (b) ainda foram realizados os seguintes comandos:

1. Inserção da imagem composta em falsa cor vermelha (1985 ou 2013) em *Input raster bands*;
2. Inserção do plano de informação “AMOSTRAS_1985” ou “AMOSTRAS_2013” em *Input raster or feature sample data*;
3. Em *Sample Field* foi atribuído o campo da tabela de atributos utilizado para discriminar cada classe, denominado “USO_DA_TER”;
4. Criação das assinaturas espectrais e conclusão dos comandos.

Figura 17 (a) e (b) - Transformação das amostras de classe em assinatura espectral.



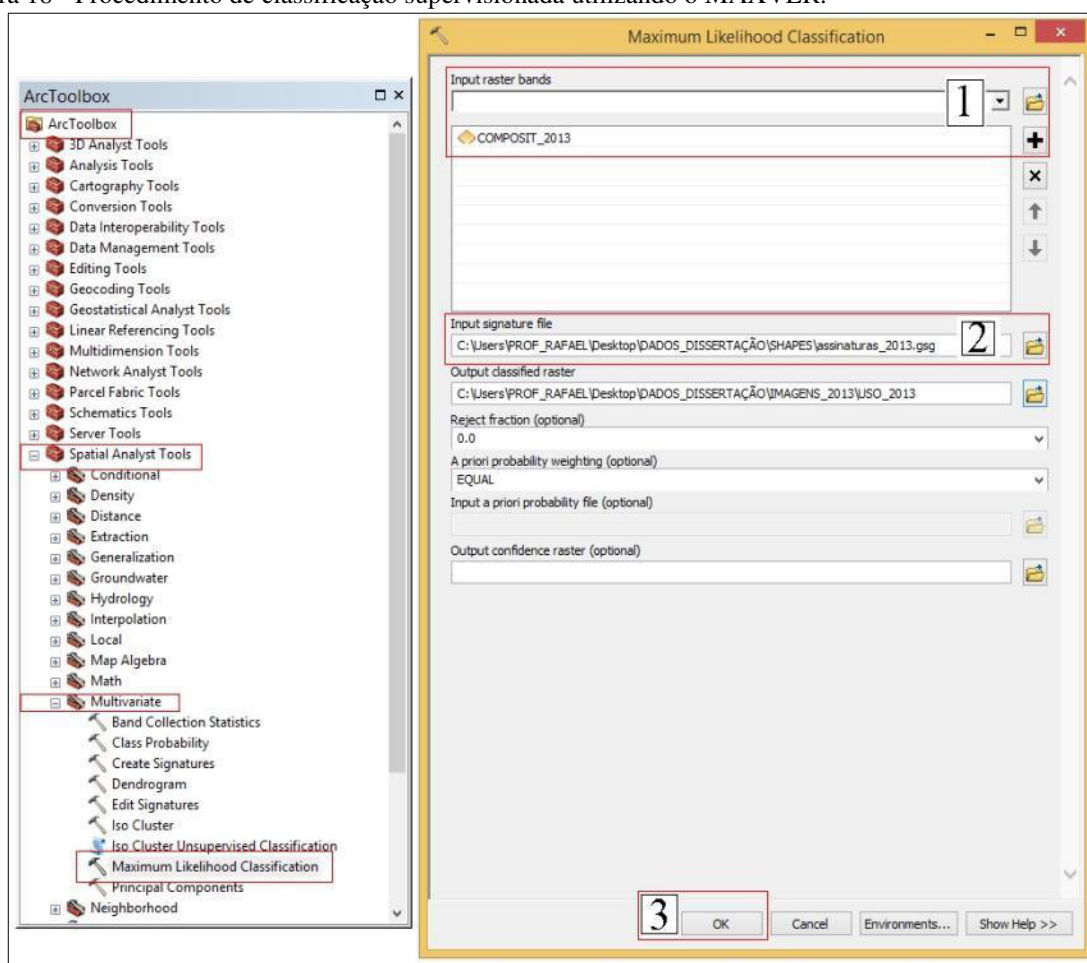
Fonte: Captura de Tela do ArcMap 10.1.

Concordante a Figura 18 após a concepção das assinaturas espectrais foi aplicado o classificador supervisionado MAXVER seguindo a direção: *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Multivariate > Maximum Likelihood Classification*. E com a janela do classificador aberta foram sucedidos os seguintes comandos:

1. Inserção da imagem composta em falsa cor vermelha (1985 ou 2013) em *Input raster bands*;
2. Inserção do arquivo contendo as assinaturas espectrais de cada alvo em *Input Signature File*.
3. Criação do arquivo matricial¹⁵ do uso e cobertura da terra e conclusão dos comandos.

¹⁵ Posteriormente o arquivo matricial foi transformado para plano de informação em formato polígono.

Figura 18 - Procedimento de classificação supervisionada utilizando o MAXVER.



Fonte: Captura de Tela do ArcMap 10.1.

4.2.4 Validação do mapeamento do Uso e Cobertura da Terra

Uma das etapas de grande significância no mapeamento do uso e cobertura da terra feito a partir de uma classificação supervisionada ou não supervisionada é a avaliação de sua precisão ou exatidão do mapeamento. Tal fato é importante por apresentar o grau de confiabilidade dos dados encontrados em mapeamentos temáticos, tendo em vista os possíveis erros que são atribuídos aos pixels durante o processo de classificação, ou seja, na etapa do treinamento (FIGUEIREDO; VIEIRA, 2007).

A exatidão de um determinado mapeamento inicia-se através da elaboração de uma matriz de confusão ou também conhecida como matriz de erro que por sua vez tem o confronto entre os dados encontrados no mapa temático com dados de campos ou de outra fonte cartográfica como principal premissa (FIGUEIREDO; VIEIRA, 2007; PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012), demonstrando a distribuição dos *pixels* que foram classificados de forma correta ou errada. Geralmente numa matriz de confusão as colunas apresentam os dados que

foram tomados como referência no campo ou outro produto cartográfico e as linhas exibem aquilo que foi elaborado pelas técnicas de SR.

De posse da matriz de confusão é possível apropriar-se de técnicas estatísticas como o coeficiente Kappa para validar o mapeamento. O coeficiente Kappa fundamenta-se na diferença entre a classificação e os dados de referência, isto é, trata-se de “uma medida da concordância real menos a concordância por chance, ou seja, é uma medida do quanto a classificação está de acordo com os dados de referência” (POELKING; JESUS; SANTOS, 2013:1254). Destaca-se que o Kappa é um dos principais coeficientes estatísticos utilizados para avaliar um mapeamento temático e adota todos os elementos existentes na matriz de confusão em seu cálculo (MOREIRA, 2005). De acordo com a Equação 3 o coeficiente Kappa é calculado da seguinte maneira:

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})} \quad (3)$$

Onde:

K: Coeficiente Kappa;

r: Número de linhas da matriz de confusão;

X_{ii}: Número de observações na linha i e coluna i;

X_{i+}: Soma da linha i;

X_{+i}: Soma da coluna i;

N: Número total de amostras.

Conforme mostra a Tabela 9 o resultado adquirido pelo coeficiente Kappa varia num intervalo de 0 a 1, posto isto, importa afirmar que quanto mais próximo de 1 melhor se caracteriza estatisticamente o mapeamento temático.

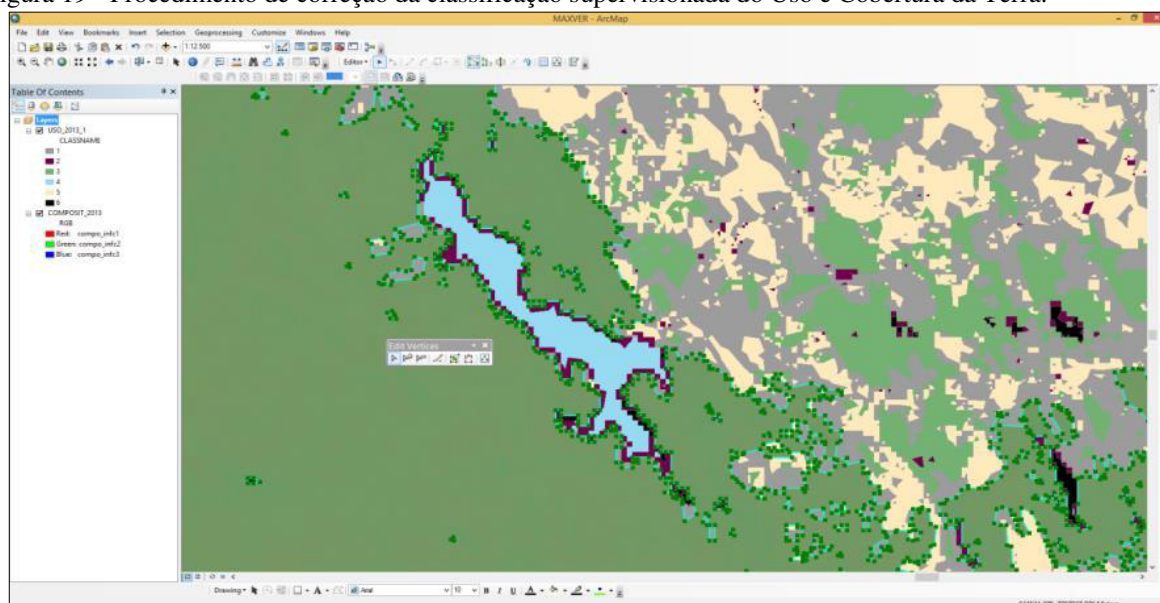
Tabela 9 – Coeficiente Kappa e níveis de classificação.

| Coeficiente Kappa | Classificação |
|--------------------|---------------|
| < 0 | Péssimo |
| $0 < k \leq 0,2$ | Ruim |
| $0,2 < k \leq 0,4$ | Razoável |
| $0,4 < k \leq 0,6$ | Bom |
| $0,6 < k \leq 0,8$ | Muito Bom |
| $0,8 < k \leq 1,0$ | Excelente |

Fonte: (FONSECA, 2000).

Conforme orientação de Nascimento (2011) foi realizada um processo de inspeção visual e edição do produto final, excluindo e inserindo polígonos que apresentaram erros de classe (Figura 19). Esta etapa é de fundamental importância, pois o procedimento de classificação automática não engendra um produto final de total fidelidade ao que é observado *in situ* em razão das diferenças espectrais dos alvos em superfície (NASCIMENTO, 2011). A correção foi feita no *software* ArcMap 10.1 utilizando as imagens do *Landsat-5* e 8 em composição falsa cor vermelha e também através de campanhas de campo em algumas áreas.

Figura 19 - Procedimento de correção da classificação supervisionada do Uso e Cobertura da Terra.



Fonte: Captura de Tela do ArcMap 10.1.

4.2.5 Mapeamento da Temperatura de Superfície Terrestre

O mapeamento da TST foi realizado a partir de duas etapas principais. A primeira contemplou a sequência metodológica proposta por Chander et. al (2009) e USGS (2015) no que refere-se ao processo de Calibração Radiométrica e Temperatura de Brilho - TB. Já a segunda etapa

consiste na obtenção da TST que é obtida a partir da consideração da variável emissividade¹⁶ sobre a TB, por meio da sequencia metodológica utilizada por Collischonn (1998) e Silva (2014).

- **Calibração radiométrica**

A primeira indicação feita por Chander et. al (2009) é a calibração radiométrica, onde os valores/números digitais de cada *pixel* da imagem termal são transformados para valores de radiância espectral ou reflectância aparente. A calibração radiométrica é feita da seguinte maneira (Equação 4):

$$L_{\lambda} = \left(\frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{Q_{calmax} - Q_{calmin}} \right) (Q_{cal} - Q_{calmin}) + LMIN_{\lambda} \quad (4)$$

Onde:

L_{λ} - Radiância Espectral em sensor de abertura em *Watts*.

Q_{CAL} - Valor quantizado calibrado pelo *pixel* em DN.

$LMIN_{\lambda}$ - Radiância espectral, que é dimensionado para Q_{calmin} em *Watts*.

$LMAX_{\lambda}$ - Radiância espectral, que é dimensionado para Q_{calmax} .

Q_{calmin} - O mínimo valor quantizado calibrado *pixel*.

Q_{calmax} - Máximo valor quantizado calibrado *pixel*.

Conforme sugere USGS (2015) a calibração do *Landsat-8* é feita através da Equação 5:

$$L_{\lambda} = (G_{rescale} * Q_{cal}) + B_{rescale} \quad (5)$$

Onde:

L_{λ} - Radiância Espectral do sensor de abertura em *Watts*.

$G_{rescale}$ - Fator multiplicativo de redimensionamento da imagem termal.

Q_{cal} - Valor quantizado calibrado pelo *pixel* em DN (imagem termal).

$B_{rescale}$ - Fator de Perda de redimensionamento específico da banda em *Watts*¹⁷

¹⁶ Conforme destaca Silva (2014) a consideração da variável emissividade foi apresentada inicialmente por Artis e Carnahan (1982).

¹⁷ Tradução conforme Coelho, Ramos e Bergamashi (2015).

Tabela 10 – Elementos e valores da fórmula de conversão para radiância do *Landsat-5*.

| Sensor TM Landsat-5 ($Q_{calmin} = 1$ e $Q_{calmax} = 255$) | | | | | |
|---|-------------------------|--|--|--|---|
| Banda | Canal espectral μm | $L_{MIN\lambda}$ W/(m ² sr μm) | $L_{MAX\lambda}$ W/(m ² sr μm) | $G_{rescale}$ (W/ m ² sr μm / DN) | $B_{rescale}$ W/(m ² sr μm) |
| 6 | 10,45 – 12,42 | 1.2378 | 15.3032 | 0.055376 | 1.18 |

Fonte: Chander et. al (2009).

Tabela 11 – Elementos e valores da fórmula de conversão para radiância do *Landsat-8*.

| Banda | Canal espectral μm | $G_{rescale}$ (W/ m ² sr μm / DN) | $B_{rescale}$ W/(m ² sr μm) |
|-------|-------------------------|--|---|
| 10 | 10.60 – 11.19 | 3.3420E-04 | 0.10000 |

Fonte: (USGS, 2015).

- **Temperatura de Brilho**

A próxima etapa consistiu na transformação dos valores de radiância para TB (Equação 6). A TB considera a superfície terrestre como um corpo negro – que apresenta emissividade espectral igual a 1 e inclui os efeitos de absorção e emissão existentes na interação entre a REM e a atmosfera (CHANDER et. al., 2009).

$$T_b = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (6)$$

Onde:

T_b = temperatura de brilho;

$K2$ = constante de calibração 2 (Kelvin);

$K1$ = constante de calibração 1 em W/(m².sr.μm);

L_λ = radiância espectral do sensor em unidade em W/(m².sr.μm);

ln = logaritmo natural. (CHANDER et. al., 2009:900 e 901)

Na Temperatura de Brilho são consideradas as seguintes constantes de calibração (Tabela 12)

Tabela 12 – Elementos e valores da constante de calibração extraídos das imagens *Landsat-5* e 8.

| Satélite | K1 W/(m ² sr μm) | K2 (Kelvin) |
|------------------|-----------------------------------|-------------|
| <i>Landsat-5</i> | 607.76 | 1260.56 |
| <i>Landsat-8</i> | 774.89 | 1321.08 |

Fonte: Chander et. al (2009) e USGS (2015).

- **Temperatura da Superfície Terrestre**

Conforme destaca Silva (2014) a obtenção da TST é feita através da equação inversa de Planck, apresentada a principio por Artis e Carnahan (1982). Diferente da TB na qual a superfície é considerada como um *corpo negro* de emissividade igual a 1 a TST adota um valor abaixo de 1, sendo nesta pesquisa adotado o valor de 0,92 para toda área de Cariacica, similar ao trabalhado por Collischonn (1998) nas áreas urbanas e por Silva (2014) (Equação 7).

$$T_s = \frac{T_b}{1 + \left(\frac{\lambda_6 T_b}{a} \right) \ln \varepsilon} \quad (7)$$

Onde:

T_s = Temperatura da superfície;

T_b = Temperatura de brilho do sensor termal;

λ_6 = Comprimento de onda médio da radiação da banda termal;

$a = hc/\sigma$ (1.438×10^{-2} mK);

Ln = Logaritmo natural

ε = Emissividade da superfície.

Onde:

h = Constante de Planck (6.28×10^{-34} J/seg);

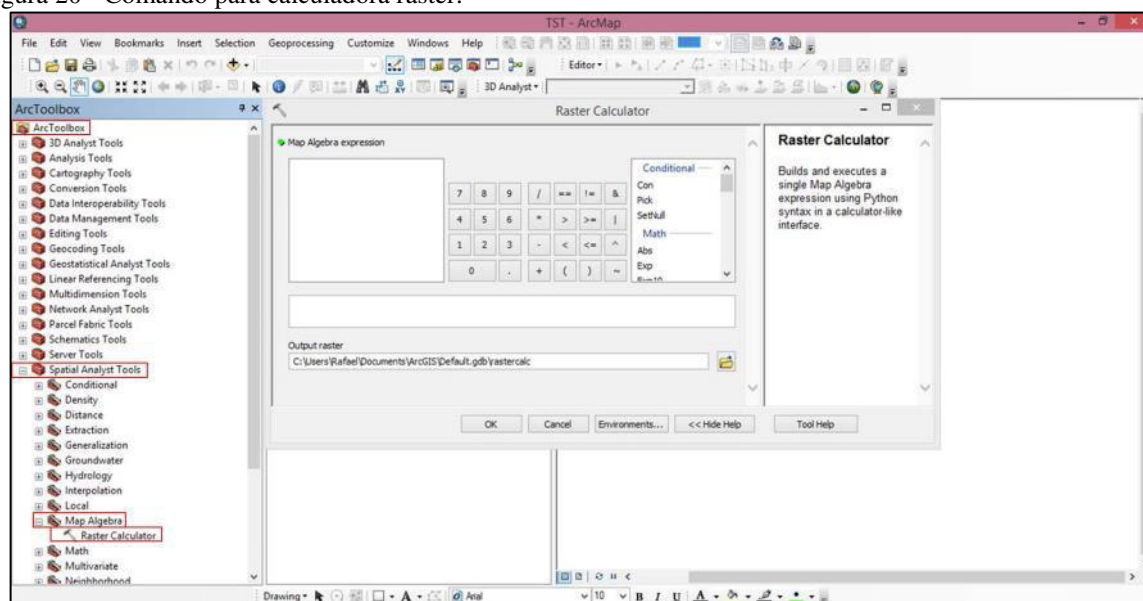
c = Velocidade da luz (2.998×10^8 m/seg);

σ = Constante de Stefan-Boltzmann (1.38×10^{-23} J/K)¹⁸

Conforme orienta a Figura 20 todas as etapas para a realização do Mapeamento da TST são feitas através dos seguintes comandos no ArcMap 10.1: *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator*.

¹⁸ Os valores e a Equação 7 foram extraídos de Silva (2014:91 e 92).

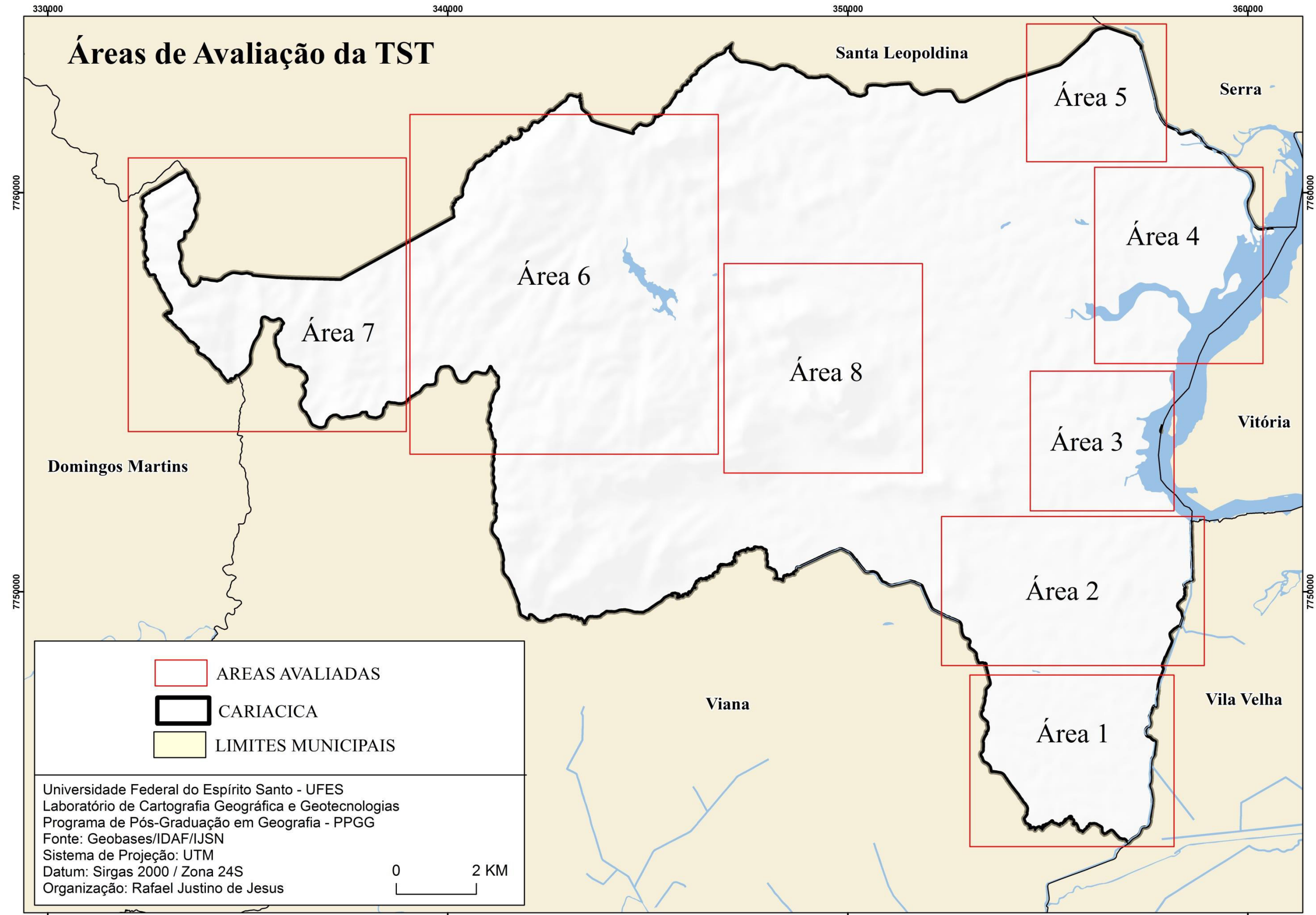
Figura 20 - Comando para calculadora raster.



Fonte: Captura de Tela do ArcMap 10.1.

Concordante à Figura 21, as avaliações do comportamento da TST foram divididas por áreas, de forma a contemplar a maior parcela possível da porção urbana (incluída nas Áreas: 1, 2, 3, 4 e 5) e rural (Áreas: 6,7 e 8). Este processo permitiu verificar de maneira mais refinada como as transformações no uso e cobertura da terra influenciaram nas variações da TST em 1985 e 2013. Neste sentido, as avaliações caracterizam-se por apresentar numa escala de maior detalhe as particularidades de cada uso e cobertura da terra que foram encontrados nas áreas delimitadas e a conduta que inferiram na TST, de forma a promover uma avaliação que permita observar a TST a nível espacial e temporal.

Figura 21 – Áreas de avaliação da TST.



Fonte: Organizado pelo Autor. Maio/2016.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo do trabalho será apresentado de acordo com a seguinte divisão: Na etapa 1 serão avaliadas as mudanças no uso e cobertura da terra entre os períodos de comparação; A etapa 2 consiste na apresentação das condições atmosféricas existentes que antecederam a passagem do satélite e também na proximidade do imageamento; Na etapa 3 será avaliado o comportamento da TST, com destaque e delimitação das possíveis Ilhas de Calor e Frescor de Superfície para 1985 e 2013, mostrando a relação existente entre o uso e cobertura da terra e as respostas térmicas de superfície para cada um deles.

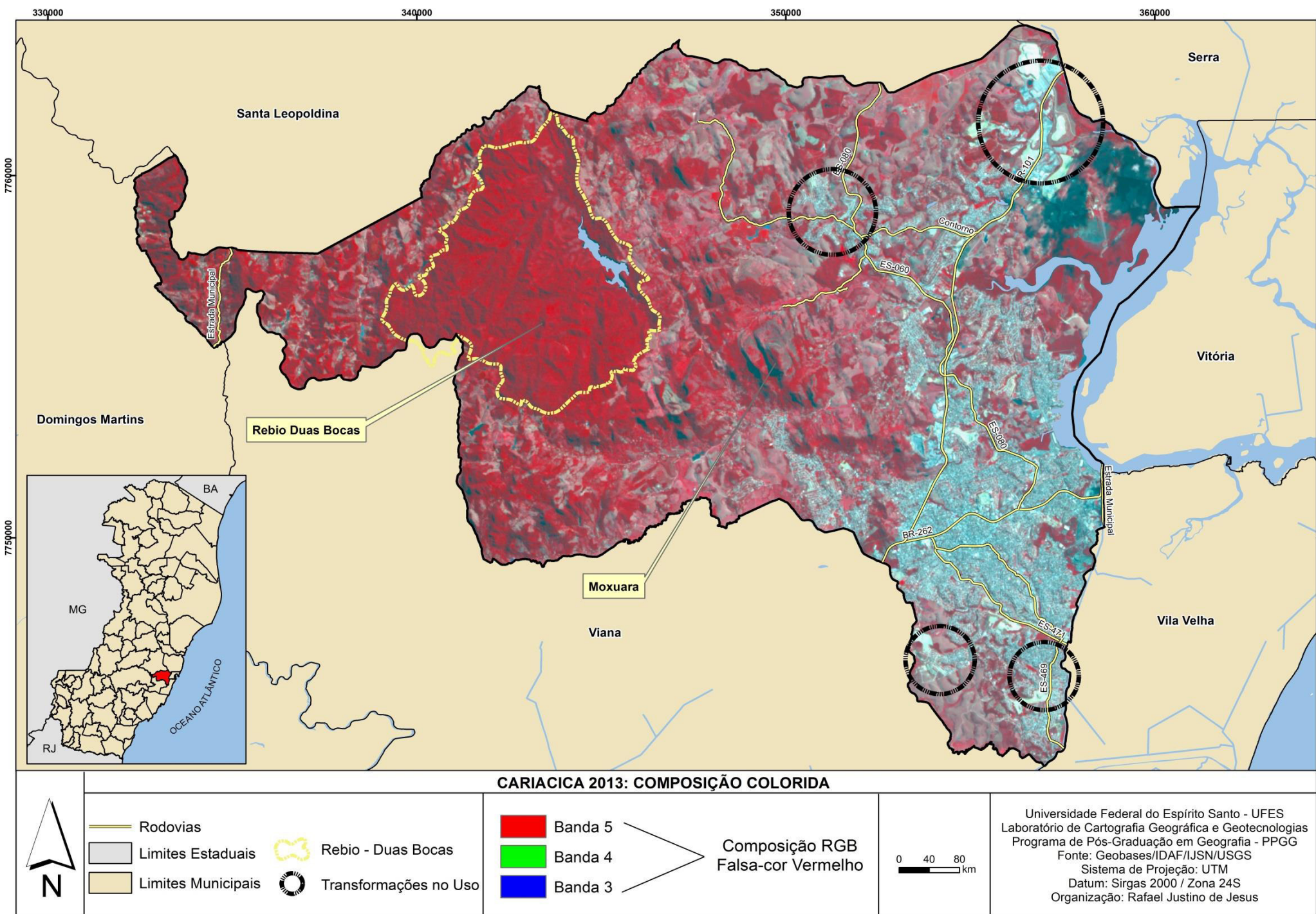
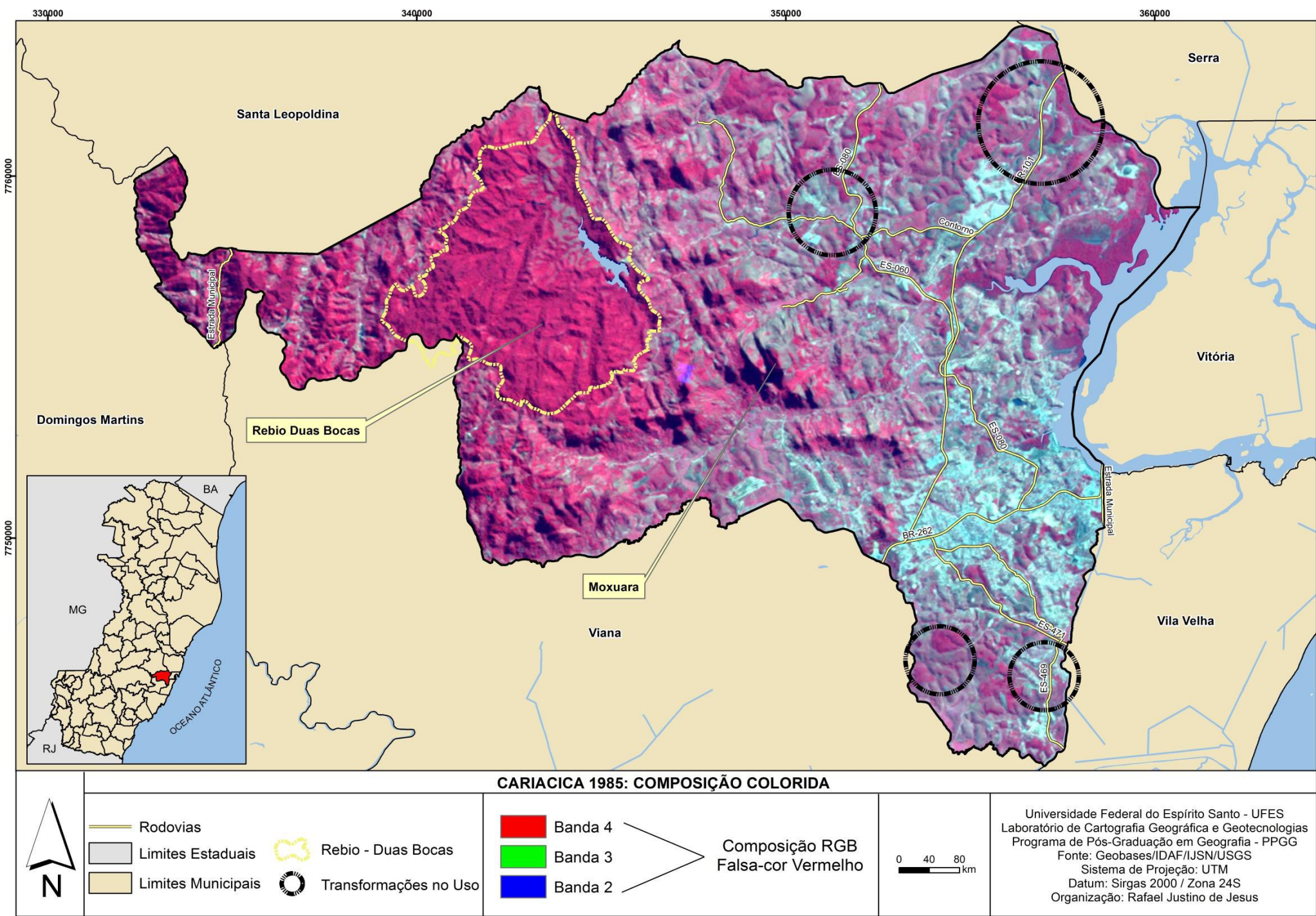
5.1 As transformações no Uso e Cobertura da Terra no Município de Cariacica entre os anos 1985 e 2013

Antes de qualquer avaliação das classes de uso e cobertura é possível constatar através das Figuras 22 e 23 significativas mudanças, principalmente no tocante à ampliação e espraiamento da Malha Urbana em direção ao norte, noroeste e sul do Município; A expressiva participação da classe Pastagem/Solo Exposto; A supressão da Cobertura Vegetal ora substituída pela Malha Urbana e pela Pastagem/Solo Exposto e também o reaparecimento dela em alguns setores de Cariacica.

Cariacica exibe uma significativa parcela de Cobertura Vegetal nas áreas mais elevadas onde predominam os relevos acidentados das Unidades Geomorfológicas dos Patamares Escalonados do Sul Capixaba (RADAMBRASIL, 1983; IJSN, 2012). Como já verificado, nesta posição geográfica destaca-se a presença da REBIO Duas Bocas - considerada uma das mais importantes unidades de conservação do Estado do Espírito Santo.

A Figura 24 revela que nas áreas rurais o uso da terra é principalmente orientado à pastagem, ao cultivo da banana e ao plantio do café, que juntos somam as maiores áreas de cultura nesta porção. Nota-se ainda o cultivo da cana de açúcar e da mandioca em áreas menores. Além disso, observam-se também fragmentos de floresta primária preservada - principalmente nas encostas de significativa declividade (ROMANELLI e STELZER, 2012).

Figuras 22 e 23 – Composição falsa cor vermelha 27/06/1985 e 27/08/2013 com destaque para as áreas circuladas.



Fonte: Organizado pelo autor. Janeiro/2016.

Figura 24 – Cultivo de café e banana. Zona rural de Cariacica-ES, nas imediações do bairro Novo Brasil. Foto com visada no sentido norte e sul.



Fonte: Acervo pessoal. Abril/2016.

De acordo com as Figuras 22, 23 e 24 as características do uso e cobertura da terra são expressivamente diferenciadas quando se compara a área urbana e a área rural (em direção oeste do Município). Como já mencionado uma maior concentração de Cobertura Vegetal e Pastagem/Solo Exposto são figuradas nas áreas rurais, onde também são encontrados de forma pontual os arruamentos e residências distantes uma das outras. Entretanto salienta-se que a existência desta “padronização” nas áreas urbanas e rurais não exclui a presença da ação do homem nos domínios mais conservados, haja vista a presença de estradas que cortam a vegetação mais densa - podendo provocar o desenvolvimento de erosões superficiais, bem como o assentamento humano no fundo dos vales que contribui para a supressão da Cobertura Vegetal e consequentemente para o surgimento da Pastagem/Solo Exposto.

Corroborando com tal afirmação verifica-se também a presença de classes ditas “naturais” como a Cobertura Vegetal e os Corpos D’água em áreas onde predominam as atividades antrópicas – englobando notadamente a área urbana. Cita-se como exemplo a existência dos locais que estão em processo inicial de ampliação da Malha Urbana que, embora situados dentro da cidade ainda não apresentem as características principais do uso. Em Cariacica este aspecto se dispõe geograficamente em sua posição extremo nordeste onde são encontradas porções do ecossistema manguezal que completa a Unidade de Conservação do Lameirão juntamente com o Município de Vitória e desfruta de uma parcela hídrica correspondente à baía de Vitória.

As figuras revelam ainda que as áreas urbanizadas de Cariacica encontram-se predominantemente nas posições mais baixas do território (Tabuleiros Costeiros). Os principais arruamentos tendem a localizar-se ao sul do rio Itanguá e ao norte do rio Bubu, onde se encontra a sede oficial do Município.

Conforme ilustra a Figura 25 verifica-se também uma Malha Urbana bastante concentrada e que se acomoda principalmente na porção centro-leste do Município sobre as unidades dos

Tabuleiros Costeiros. Já a Figura 26 revela que em direção ao norte situam-se formas urbanas que outrora já demonstravam uma verdadeira eclosão com o passar do tempo: os chamados portos secos com predomínio de grandes galpões e extensas áreas abertas e com solo revestido por materiais asfálticos.

Figura 25 – Malha Urbana assentada sobre os Tabuleiros Costeiros em primeiro plano. Bairro São Conrado, Cariacica – ES. Foto com Visada Sentido Leste – Oeste.



Fonte: Acervo pessoal. Abril/2016.

Assim, concorda-se na influência exercida pelos diferentes usos no comportamento da TST considerando também as transformações ocorridas entre os anos supracitados. Além disto, observa-se o ser humano como um dos principais agentes de transformação do espaço no Município de Cariacica através da ampliação da Malha Urbana e a retirada da Cobertura Vegetal. Isto tende a mostrar oscilações no comportamento térmico de superfície e o desenvolvimento de possíveis Ilhas de Calor de Superfície dentro e fora da cidade.

Figura 26 – Porto Seco – TERCA. Bairro Porto Engenho, Cariacica – ES. Foto com visada sentido Sul – Norte.



Fonte: Acervo pessoal. Abril/2016.

Conforme enfatizado na metodologia, o mapeamento do uso e cobertura da terra passou por uma etapa de validação estatística através da elaboração da matriz de erros com posterior cálculo do coeficiente Kappa. Foram confrontados 360 pontos ou amostras tanto em 1985 quanto em 2013 que foram partilhados em 60 pontos para cada uma das seis classificações adotadas nesta pesquisa e encontradas nos mapeamentos de uso e cobertura da terra.

A Tabela 13 mostra a matriz de erro para o ano de 1985, proporcionando um resultado de 0,92 para o coeficiente Kappa. Já a Tabela 14 exibe a matriz de erro para 2013 cujo resultado foi de 0,84. Associando com classificação elaborada por Fonseca (2000) observa-se que ambos os mapeamentos foram satisfatórios, validando a utilização do MAXVER no levantamento de dados sobre o uso e cobertura da terra.

Tabela 13 - Matriz de Erro – 1985.

| 1985 | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | Total |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Malha Urbana (1) | 60 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 65 |
| Cobertura Vegetal (2) | 0 | 57 | 0 | 0 | 2 | 0 | 59 |
| Corpo D'Água (3) | 0 | 0 | 58 | 0 | 0 | 0 | 58 |
| Pastagem/Solo Exposto (4) | 0 | 3 | 0 | 54 | 0 | 8 | 65 |
| Sombra (5) | 0 | 0 | 0 | 0 | 58 | 0 | 58 |
| Afloramento (6) | 0 | 0 | 2 | 5 | 0 | 48 | 55 |
| Total | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 360 |

Fonte: Organizado pelo Autor. Julho/2016.

Tabela 14 - Matriz de Erro – 2013.

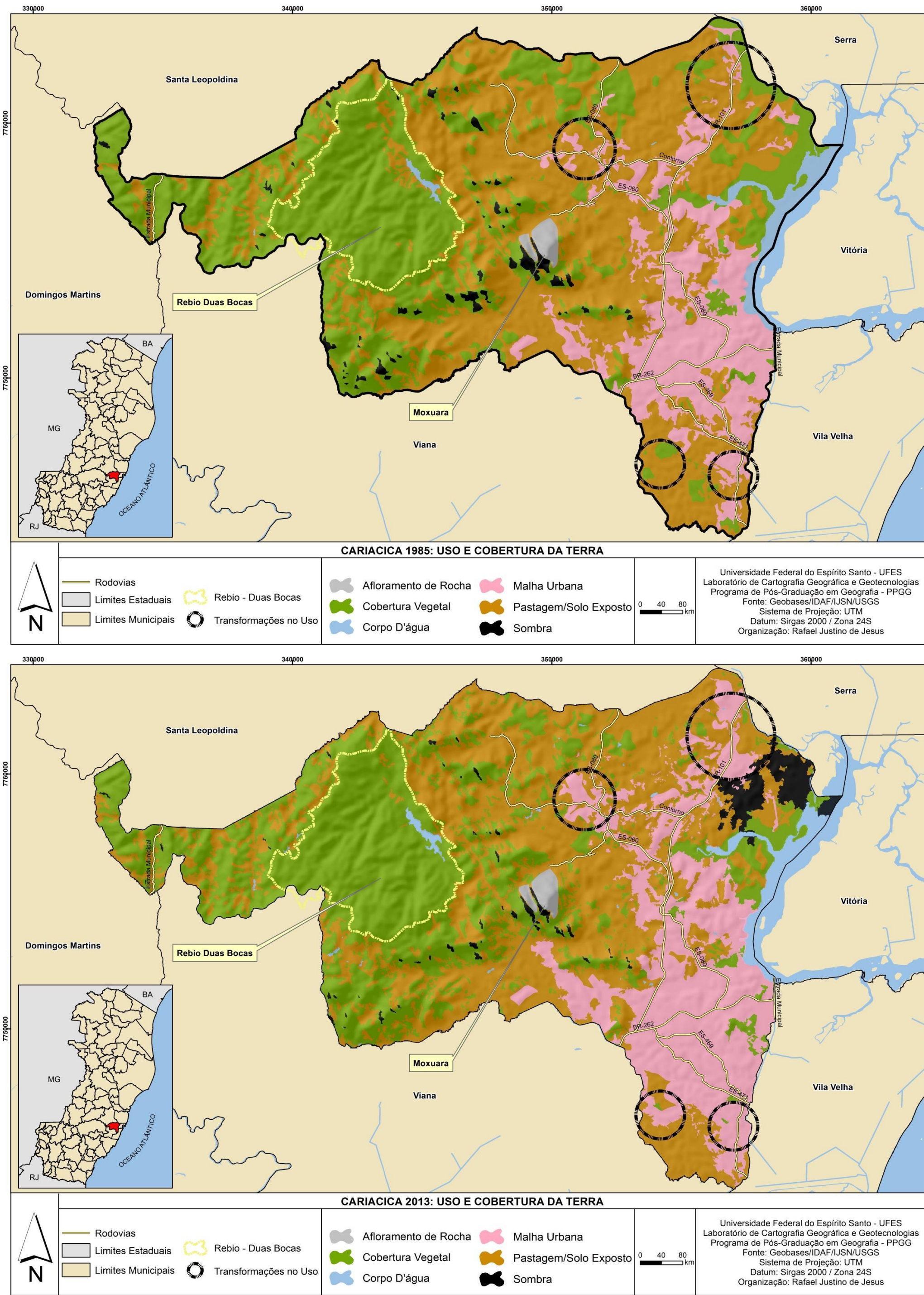
| 1985 | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | Total |
|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| Malha Urbana (1) | 60 | 0 | 1 | 4 | 14 | 2 | 81 |
| Cobertura Vegetal (2) | 0 | 60 | 0 | 0 | 7 | 0 | 67 |
| Corpo D'Água (3) | 0 | 0 | 58 | 0 | 2 | 0 | 60 |
| Pastagem/Solo Exposto (4) | 0 | 0 | 0 | 39 | 0 | 5 | 44 |
| Sombra (5) | 0 | 0 | 1 | 0 | 37 | 0 | 38 |
| Afloramento (6) | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 53 | 70 |
| Total | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 360 |

Fonte: Organizado pelo Autor. Julho/2016.

Conforme ilustra as Figuras 27 e 28 a apreensão da forma como o espaço geográfico é organizado pode ser subsidiado através da exploração e análise de mapas temáticos que retratam as condições do uso e cobertura da terra existente num determinado local, tornando-se uma ferramenta de grande utilidade para o conhecimento atualizado das formas de uso e ocupação bem como um importante mecanismo de planejamento e tomada de decisões (IBGE, 2013).

Desta forma, verifica-se que, mostrando as razões e as repercussões da influência do homem sobre o espaço geográfico, a Geografia, através dos mapas de uso e cobertura da terra, torna-se uma expressiva propagadora das problemáticas que envolvem o desequilíbrio ambiental como as ocupações desordenadas que marcam as Malhas Urbanas e indicam a ampliação ou novos territórios, as perdas dos recursos naturais disponíveis em face aos desperdícios e também a poluição ambiental (SILVA, 1995).

Figuras 27 e 28 - Uso e Cobertura da Terra de Cariacica em 1985 e 2013.



Fonte: Organizado pelo autor. Janeiro/2016.

Neste contexto, a Tabela 15, organizada através das informações oriundas das Figuras 27 e 28, demonstra a distribuição em área (km²) e percentual (%) de cada classe de uso e cobertura da terra encontrada no Município de Cariacica para os anos de 1985 e 2013 com base no mapeamento feito pela classificação supervisionada e pela correção do interprete em momento posterior. A partir dela tornam-se possíveis a elaboração de gráficos e a promoção comparativa com aspecto temporal.

Afirmam-se transformações entre os anos corridos principalmente no que concerne à Cobertura Vegetal – onde se presencia ligeira queda - corroborando o pensamento associativo que é estabelecido entre transformações no uso e cobertura da terra com o processo de supressão das áreas verdes; Expansão da Malha Urbana – em função do expoente crescimento populacional¹⁹, econômico²⁰ e industrial que ocorre no Município de Cariacica principalmente nas últimas décadas e também pela redução nas áreas caracterizadas pela presença da Pastagem/Solo Exposto – afiliada ao processo de mudança para outro uso ou cobertura.

Tabela 15 - Área e percentual do Uso e Cobertura da Terra de Cariacica-ES – 1985/2013.

| CLASSES | AREA (km ²) | | PERCENTUAL (%) | |
|-----------------------|-------------------------|---------------|----------------|------------|
| | 1985 | 2013 | 1985 | 2013 |
| Afloramento de Rocha | 1,66 | 1,66 | 0,59 | 0,59 |
| Cobertura Vegetal | 100,25 | 97,21 | 35,85 | 34,76 |
| Corpo D'água | 5,46 | 5,49 | 1,95 | 1,96 |
| Malha Urbana | 44,34 | 58,66 | 15,86 | 20,98 |
| Pastagem/Solo Exposto | 124,80 | 109,52 | 44,63 | 39,17 |
| Sombra | 3,11 | 7,08 | 1,11 | 2,53 |
| TOTAL | 279,63 | 279,63 | 100 | 100 |

Fonte: Elaborado pelo Autor. Janeiro/2016.

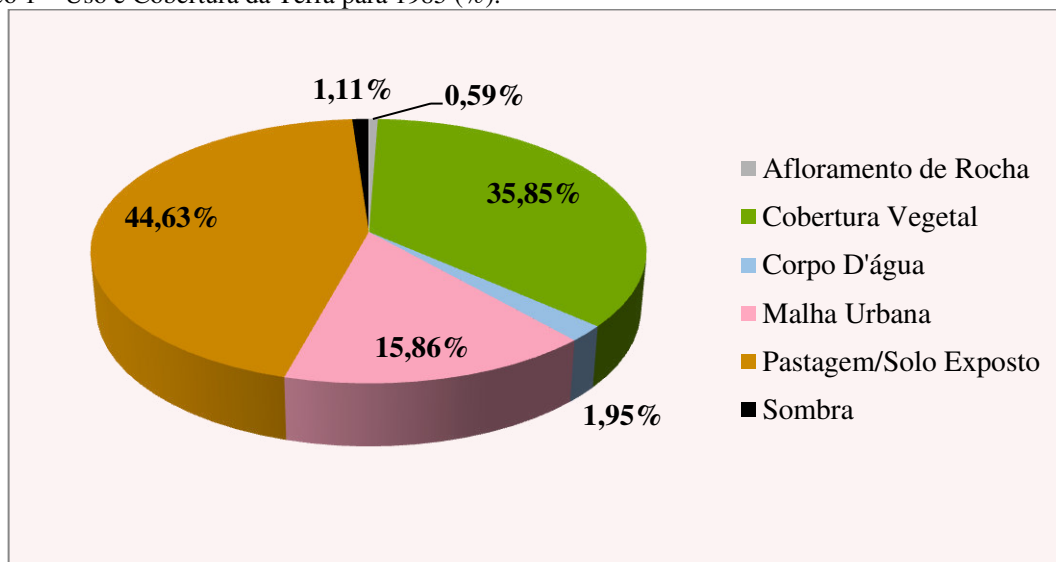
A participação de cada uso e cobertura da terra do Município de Cariacica no ano de 1985 pode ser mais bem visualizada e compreendida por meio do Gráfico 01 esquematizado por intermédio das informações contidas na Tabela 15. Ele destaca a participação em

¹⁹ CASTIGLIONI, Aurélia H.; BRASIL, Gutemberg Hespanha; FELIPE, Carlos Umberto. **Agenda Cariacica 2010-2030. Dinâmica populacional de Cariacica.** 2011.

²⁰ BARBOSA, Livia Barraque. **A produção do espaço urbano e as áreas de transição rural-urbana: o caso do Município de Cariacica.** 2013. 114 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

porcentagem de cada um dos usos como o Afloramento de Rocha, Cobertura Vegetal, Corpo D'água, Malha Urbana, Pastagem/Solo Exposto e Sombra.

Gráfico 1 – Uso e Cobertura da Terra para 1985 (%).



Fonte: Elaborado pelo Autor com base na Tabela 15. Janeiro/2016.

A classe Afloramento de Rocha foi representada por 0,59% figurada predominantemente pelo monte Moxuara que apresentou uma rugosidade diferente dos outros usos permitindo a sua individualização e contabilização. Correspondeu a 1,66 km² do total do território.

Já o valor de 35,85% abrangeram as áreas revestidas pela Cobertura Vegetal, encontradas tanto na zona rural (oeste) quanto dentro da cidade de Cariacica. Ela apresentou uma área superior 100 km², mostrando sua efetiva presença em Cariacica. Young (2005) comenta que a existência da Cobertura Vegetal é muito importante dentro de um zoneamento devido ao fornecimento de umidade que ela promove através do mecanismo de evapotranspiração, funcionando como verdadeira agente na distribuição da energia entre o fluxo de calor latente e o de calor perceptível. Neste sentido considera-se que áreas densamente cobertas por elas apresentam maior potencial de refrigeração e aumento da umidade do ar nas imediações.

Os Corpos Hídricos compreenderam 1,95% de todo o uso e cobertura do Município. Esta porcentagem atinge uma área de 5,46 km² de todo o território, contemplando a lagoa em volta da REBIO Duas Bocas, parte da baía de Vitória e alguns a nível pontual presentes ao norte e leste de Cariacica. Trata-se de uma participação pouco expressiva em medidas quantitativas, entretanto é de comum conhecimento e acordo a sua significância em termos qualitativos que reportam sua relevância no abastecimento de água para alguns setores do Município e como

fator de atenuação climática nas áreas que estão nos arredores da baía de Vitória através da influência do fator climático da Maritimidade. Outros Corpos D'água de menor expressão espacial não foram identificados no mapeamento final, tratando-se de uma condição limitante da própria utilização das imagens *Landsat-5* e 8, em virtude de sua resolução espacial.

A Malha Urbana foi representada por 15,86% de toda a área do recorte, aglutinando-se na porção leste e estendendo-se num eixo norte-sul, concentrando uma área de 44,34 km², e incentivada principalmente pelos corredores rodoviários.

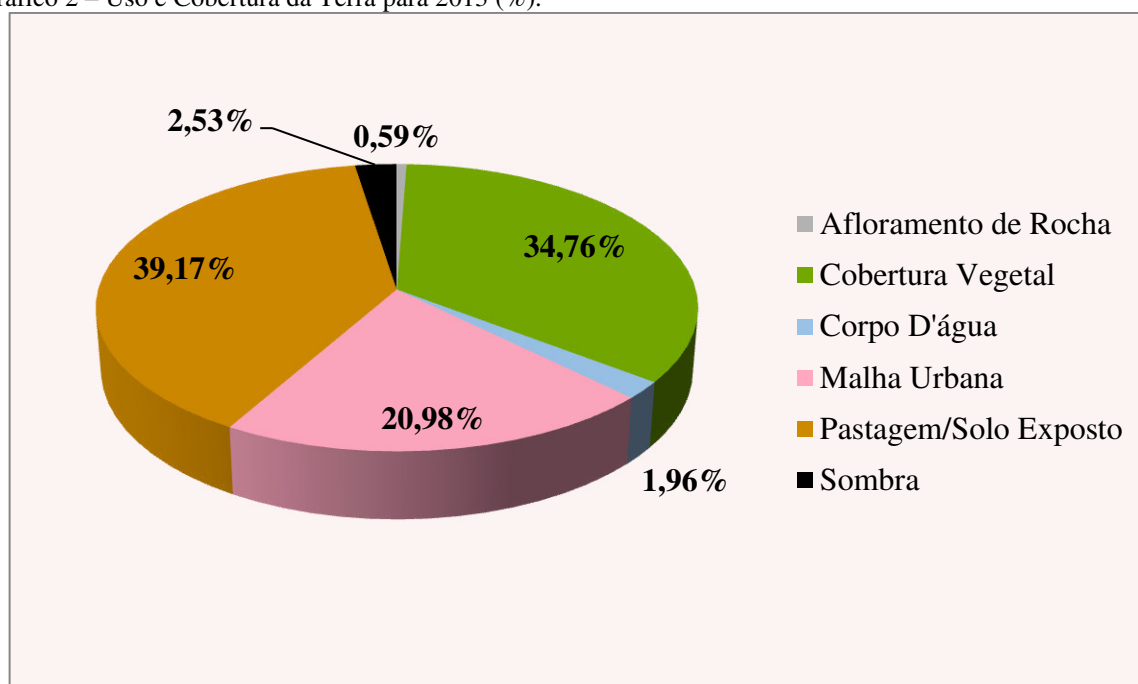
A maior participação no uso e cobertura da terra no ano de 1985 se deu através das áreas com Pastagem/Solo Exposto. Trata-se de uma categoria presente em todo o território do Município concentrando-se principalmente nas áreas rurais e topograficamente acidentadas. Entretanto, também nota-se sua presença no centro e sul da Malha Urbana, permitindo deduzir futuras transformações nos locais em função da sua substituição pela ampliação da Malha Urbana já existente, a estruturação de novas manchas urbanas e até mesmo o replantio com Cobertura Vegetal. No referido ano a Pastagem/Exposto representou 44,63% correspondendo a 124,80 km² de área efetiva.

As principais mudanças observadas no Município de Cariacica e que estão correlacionadas com a classe Pastagem/Solo Exposto são retratadas através de círculos descritos como Transformações no uso, mostrados pelas Figuras 22 e 23 e 27 e 28. A primeira delas é a substituição da referida classe e a intensificação e novos assentamentos de Malha Urbana na direção sudoeste da ES-471, com formação do bairro Formate. A instalação dos eixos viários também influenciam mudanças no uso e cobertura da terra como é o caso daqueles observados no entroncamento entre a ES-060 e a ES-080 onde se presencia a queda na participação da Pastagem/Solo Exposto para a ampliação da Malha Urbana e consolidação dos bairros Antônio Ferreira Borges e Prolar. E por fim a entrada da Malha Urbana com características diferentes daquelas encontradas nos dois pontos acima comentados, isto é, de conduta não residencial, mas sim industrial - situados no bairro Porto Engenho.

A classe Sombra apresentou uma área de 3,11 km² o que demonstra uma participação de 1,11% do total de uso e cobertura da Terra em Cariacica. Conforme ilustra a Figura 27 no ano de 1985 esta classe está predominantemente associada ao reverso das vertentes expostas em posição contrária à luminosidade do Sol e situam-se na área rural e topograficamente acidentada do Município.

Já o Gráfico 2 orienta a presença de cada um dos usos e cobertura da terra para o ano de 2013 possibilitando o refinamento da observação, isto é, o comportamento de cada classe viabilizando uma avaliação comparativa com o ano de 1985 e a descoberta das possíveis transformações ocorridas entre o respectivo recorte temporal.

Gráfico 2 – Uso e Cobertura da Terra para 2013 (%).



Fonte: Elaborado pelo Autor com base na Tabela 15. Janeiro/2016.

No ano de 2013 a classe Afloramento de Rocha apresentou 0,59% de área, ou 1,66 km² de participação total. O valor é similar ao encontrado no ano de 1985 e caracteriza o lento processo evolutivo das feições topográficas ao longo do tempo em função dos agentes modeladores do relevo.

Em conformidade à Figura 29 o principal Afloramento de Rocha situado no Município de Cariacica é o monte Moxuara, que se localiza na porção central do território e caracteriza-se como um dos principais símbolos e marco natural do local, sendo homenageado em diversas toponímias – *shopping*, bairro, lojas, escolas, estâncias, etc.

Figura 29 – Monte Moxuara. Bairro Antônio Ferreira Borges. Foto com visada norte para sul. Face da vertente ao norte.



Fonte: Acervo pessoal do Autor. Abril/2016.

Em termos quantitativos, a Cobertura Vegetal em 2013 exibiu uma área equivalente a 97,21 km², o que representa 34,76% da área total do Município. Na comparação entre 1985 e 2013, constatou-se queda de 3,04 km². Além disso, a interpretação da composição colorida, dos mapas de uso e cobertura da terra e as observações de campo denotam que a classe está configurada em padrões na paisagem de Cariacica: densa e espaçada/rarefeita (JESUS; COELHO, 2013).

O padrão denso, localizado no segmento centro-oeste do território, é qualificado pela presença da Mata Atlântica. Abriga remanescentes de vegetação primária²¹ e é classificado como Floresta Ombrófila Densa Submontana (IBGE, 1992). Porção expressiva de Cobertura Vegetal também é encontrada no interior da REBIO Duas Bocas. Já no entorno da porção centro oeste e da REBIO é observada a ocorrência de do tipo secundária²² e de forma pontual o cultivo de monoculturas.

²¹ Vegetação caracterizada como de máxima expressão local, com grande diversidade biológica, sendo os efeitos das ações antrópicas mínimos, a ponto de não afetar significativamente suas características originais de estrutura e de espécies.

²² Vegetação secundária ou em regeneração: vegetação resultante de processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial de vegetação primária por ações antrópicas ou causas naturais, podendo ocorrer árvores remanescentes de vegetação primária.

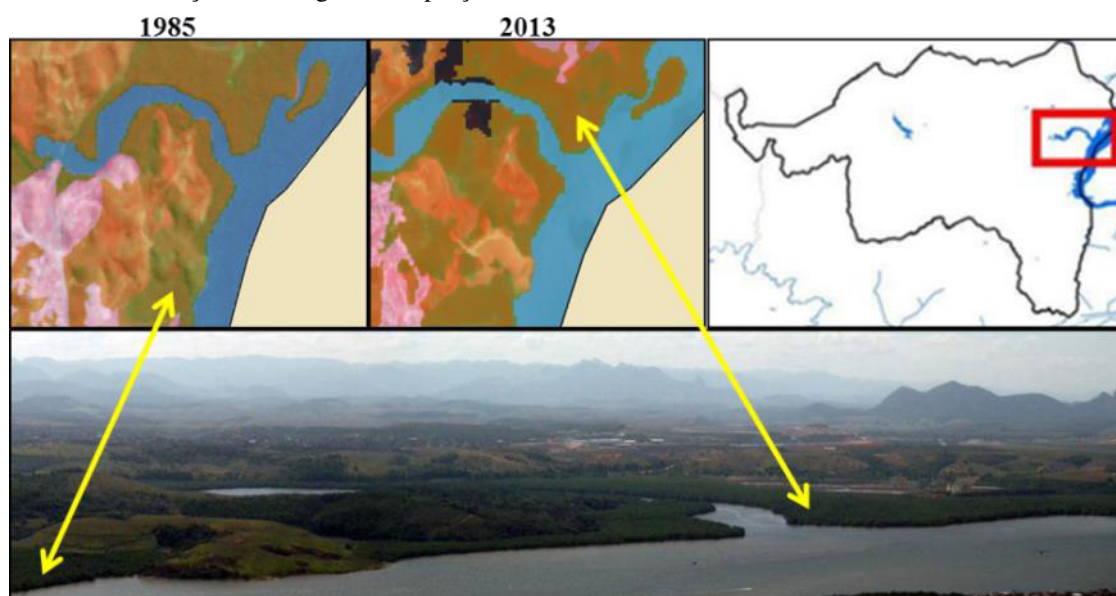
Fonte: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res94/res2894.html>. Acesso em 02 de fev. 2016.

Ademais, outro fator importantíssimo na manutenção do padrão denso de Cobertura Vegetal nesta localidade está estritamente relacionado com o uso e cobertura da terra. A posição centro-oeste não possui bairros consolidados, sendo caracterizada por pequenas localidades e por propriedades de sitiantes e fazendeiros. Dentre as atividades agrícolas, destacam-se o cultivo da banana e também a criação de gado para corte em áreas de relevo mais suavizado.

Condizente à Figura 30, verifica-se também a existência do padrão denso na posição extremo nordeste de Cariacica, especificamente nas proximidades da baía de Vitória, exemplificados pelos bosques e pelo ecossistema manguezal.

A área correspondente aos manguezais mostrou uma conduta de conservação, pois em 2013 o porte manteve-se bem próximo ao encontrado em 1985. Isto pode ser resultado da realização de projetos de conscientização junto às escolas e à população local (Figura 31), com a finalidade de conservar a porção de mangue e reduzir a degradação na qual ele vinha sendo submetido (PMC, 2010). Estima-se que apenas nas áreas no entorno dos manguezais existem cerca de 6.765 domicílios, que correspondem a 23.694 habitantes, 16 escolas municipais e 84 famílias que vivem do sustento da captura de caranguejos (PMC, 2010).

Figura 30 - Identificação do Manguezal na porção extremo nordeste de Cariacica.



Fonte: Acervo pessoal do Autor.

Figura 31 – Vegetação do tipo densa (Ecossistema Manguezal). Bairro Nova Canaã, Cariacica-ES. Foto com visada de sul para norte.



Fonte: Acervo pessoal do autor. Abril/2016.

O padrão de Cobertura Vegetal classificado como espaçado/rarefeita encontram-se notadamente nas posições leste, sul e sudeste de Cariacica, sobretudo nas imediações dos principais eixos viários do Município tais como a ES-471, Rodovia do Contorno/BR-101 e a BR-262 e também na porção de limite das unidades geomorfológicas dos Patamares Escalonados e Tabuleiros Costeiros. Tratam-se de polígonos singulares e pontuais, associados a espaços livres, grandes terrenos baldios e arborização de zona industrial, como é o caso encontrado nas imediações do bairro Jardim América onde se situa o empreendimento da ArcelorMittal.

É notório ainda que houve poucas transformações nas manchas ou polígonos da classe Cobertura Vegetal ao longo do recorte temporal. Na área de manguezal presencia-se a conservação do porte, mas na porção leste de Cariacica observa-se pouca presença dela em face ao processo de adensamento da Malha Urbana, resultando em categorias do tipo espaçada/rarefeito. Assim, o confronto entre os mapas de uso e cobertura da terra revelam que as poucas áreas de Cobertura Vegetal inseridas no interior da Malha Urbana foram substituídas por outras classes ou tiveram uma redução significativa no porte, sem nenhum incremento de parques arborizados.

As campanhas de campo e a fotointerpretação das imagens *Landsat-5* e 8 inferiram que a parcela extremo oeste de Cariacica, especificamente no limite oeste e sul da REBIO Duas Bocas, apresentou – por transformação temporal, o padrão espaçado nos fundos de vale junto às estradas. Revela-se também que a Cobertura Vegetal de Cariacica conserva-se atualmente nas áreas topograficamente acidentadas, porção rural e estende-se do centro para oeste do território.

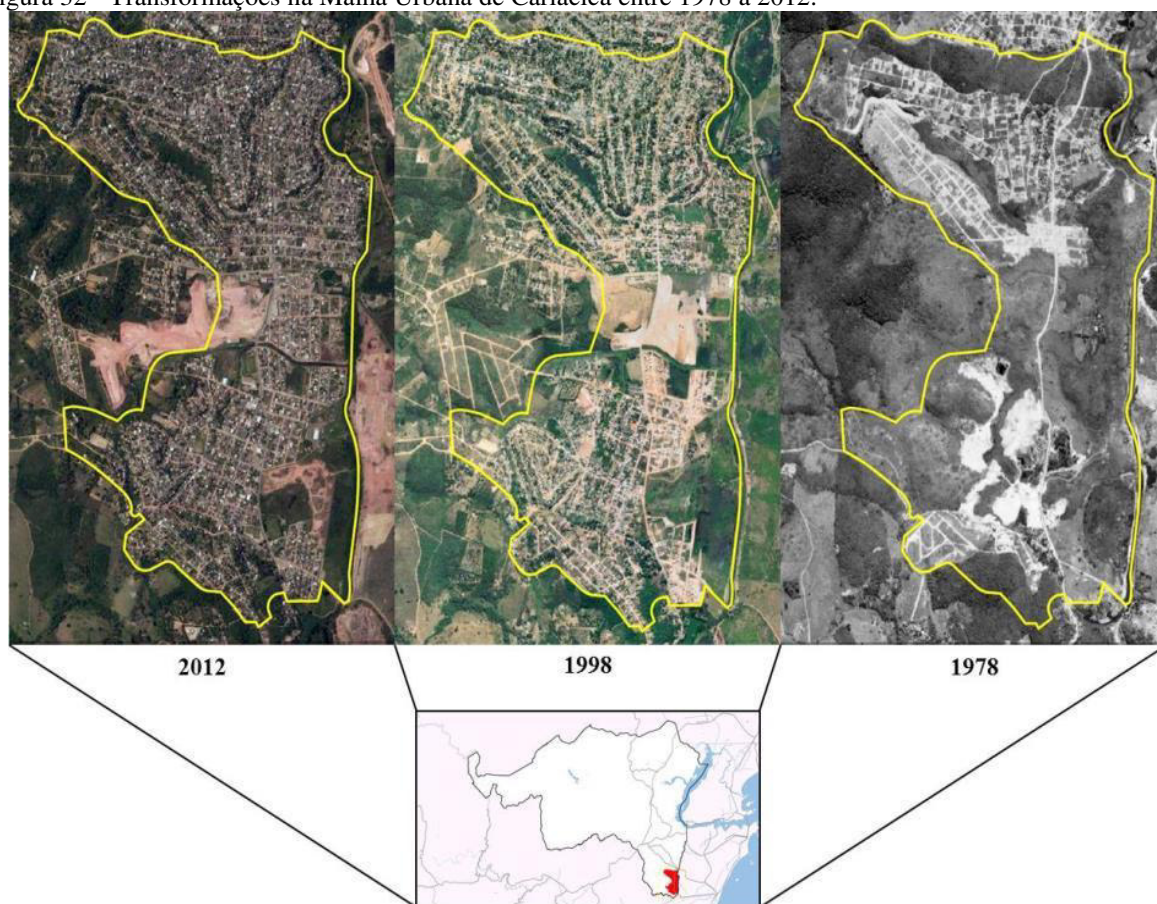
Em 2013 os Corpos D'água corresponderam a 1,96% de área, refletindo uma delimitação de 5,49 km² - valor muito próximo ao encontrado no ano de 1985. Isso indica a contribuição do classificador MAXVER na identificação das classes de uso e cobertura da terra, onde foram mapeados a lagoa da Reserva Biológica de Duas Bocas, pequenos lagos nos setores norte, oeste e sudoeste de Cariacica, além da porção territorial correspondente à baía de Vitória.

A Malha Urbana mostrou um quantitativo de 58,66 km² o que corresponde a 20,98% de participação nas classes de uso e cobertura da terra no ano de 2013. Comparando com o ano de 1985 nota-se um aumento de 5,12% em sua extensão, que totalizando em números absolutos, exibe um acréscimo de 14,32 km² num intervalo de 28 anos. Verifica-se que o crescimento de Cariacica e de sua Malha Urbana é incentivado pelo desenvolvimento dos principais eixos viários²³ existentes. Eles tornam-se importantes vetores de expansão e de desenvolvimento econômico nas suas margens, tendendo a continuidade do espraiamento e formação dos bairros mais periféricos.

Conforme mostra a Figura 32 a expansão da Malha Urbana de Cariacica dirige-se em direção ao extremo sul onde se alicerçam os bairros Castelo Branco, Jardim de Halá, Rio Marinho, Jardim Botânico e Vista Linda e iniciam-se os primeiros assentamentos em Caçaroca incentivados pela ES-471 e pela ES-469.

²³ A contribuição dos eixos viários no crescimento urbano de determinada localidade é um fenômeno encontrado em diversos países (DOMINGUES, 1999; CARBONELL, 2005) assim como no Brasil onde se presencia o estímulo ao desenvolvimento dos primeiros vilarejos e assentamentos urbanos que estabelecem *à posteriori* importantes centros metropolitanos em função da construção dos chamados fluxos de escoamento – eixos viários e linhas férreas.

Figura 32 - Transformações na Malha Urbana de Cariacica entre 1978 a 2012.



Fonte: Organizado pelo Autor com Informações do Hiparc.

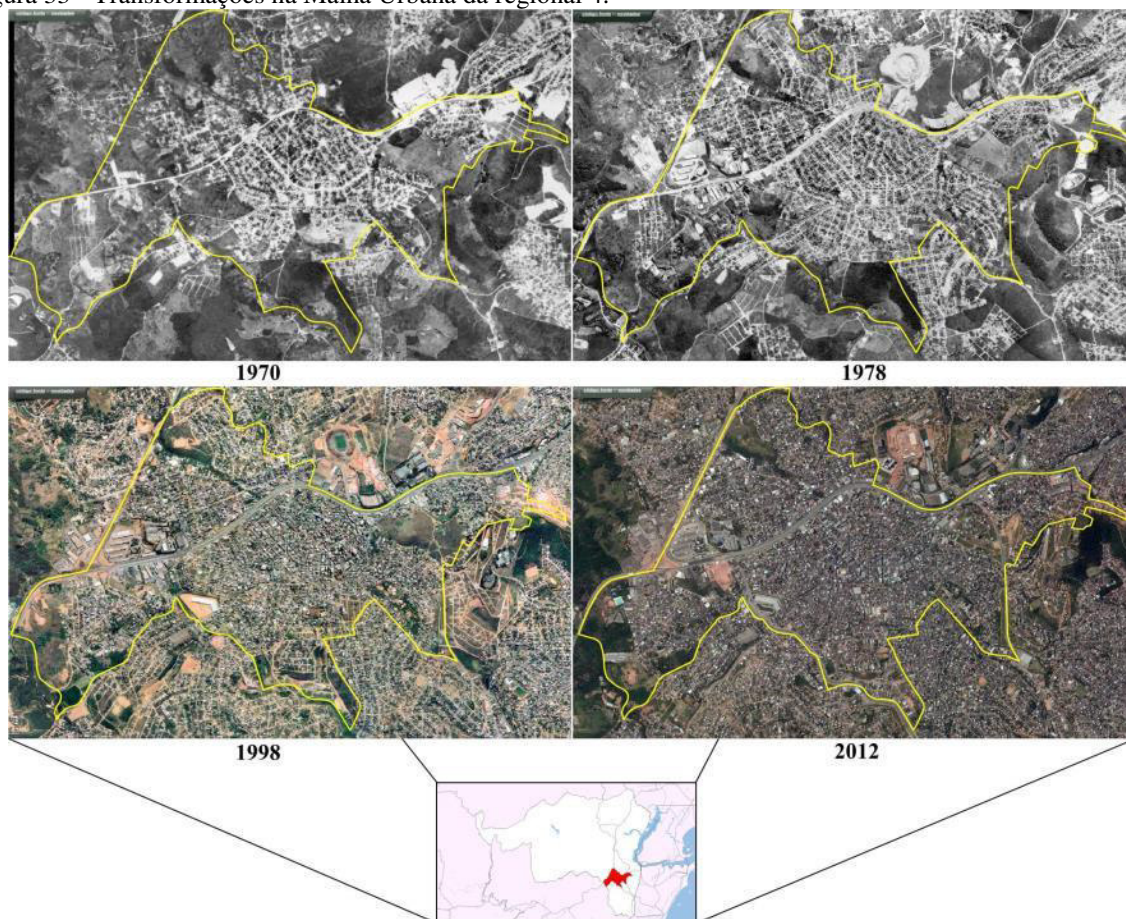
O crescimento da Malha Urbana e as transformações da estrutura interna também foram influenciados diretamente pelas constantes etapas de desenvolvimento socioeconômico em Cariacica, entretanto tais modificações pouco foram acompanhadas e coordenadas por um planejamento formalmente orientado pelo poder público.

Conforme destaca Romanelli e Stelzer (2012) a carência de procedimentos no planejamento urbano em questões simples como o traçado preliminar de uma estrutura de vias principais do tecido da cidade incentivou que cada arruamento fosse construído de forma individual e autônomo, sem uma mínima preocupação de ordem técnica e muito menos conectada com outra estrutura viária. Neste sentido, a Malha Urbana de Cariacica é caracterizada como uma colcha de retalhos visto a presença de parcelamentos e arruamentos feitos antes da edificação, do tipo padrão subnormal e também do tipo beco²⁴.

²⁴ Os 'becos' muitas vezes não chegam a 2m de largura, mas o arruamento sub-normal do tipo insuficiente opera, em média, com 6m, que permite o acesso de veículos, ainda que limitado. Este tipo de insuficiência exerce um forte determinismo espacial sobre essas porções do tecido urbano, uma vez que o arruamento é delimitado pela a fronteira entre o solo público e o solo privado (ROMANELLI e STELZER, 201:40).

A Figura 33 apresenta uma constante no ritmo de crescimento da Malha Urbana nas proximidades da BR-262 englobando a regional 4 que totaliza a marca de 51,772 habitantes²⁵.

Figura 33 - Transformações na Malha Urbana da regional 4.



Fonte: Organizado pelo Autor com Informações do Hiparc.

Cariacica e a região de Campo Grande receberam forte aumento na aglomeração urbana da Grande Vitória a partir da década de 1960, incentivados principalmente pela redefinição da estrutura produtiva do Espírito Santo e de Vitória, como a política de erradicação dos cafezais, estruturação de importantes eixos viários como a conclusão das obras da BR-101 e 262 (Figura 34) - ligando o Espírito Santo com outros estados como Rio de Janeiro, Bahia e Belo Horizonte, modernização do sistema portuário de Vitória e a entrada das grandes plantas industriais na Grande Vitória (REIS, 2007).

Tal como é evidenciado, este processo mostrou que:

O município da Capital não comportou esse crescimento, ocorrendo o trasbordamento do seu crescimento físico para os municípios vizinhos de Vila

²⁵ http://www.cariacica.es.gov.br/wp-content/uploads/2014/05/Populacao_Regiao_Bairros.pdf

Velha, Cariacica, Serra e Viana, configurando-se um contínuo urbano com características metropolitanas a que passou-se a denominar Aglomeração Urbana da Grande Vitória (ABE, 1999:137 apud REIS, 2007:54)

É neste contexto que se presencia no final da década de 1960 e nas décadas seguintes o levante de Campo Grande como o principal núcleo de comércio e serviços de Cariacica, uma das principais descentralizações da Grande Vitória e o boom no aumento da Malha Urbana cariaciquense (REIS, 2007).

Figura 34 – BR-262 nas imediações dos Bairros: São Francisco, Vila Capixaba e Campo Grande.



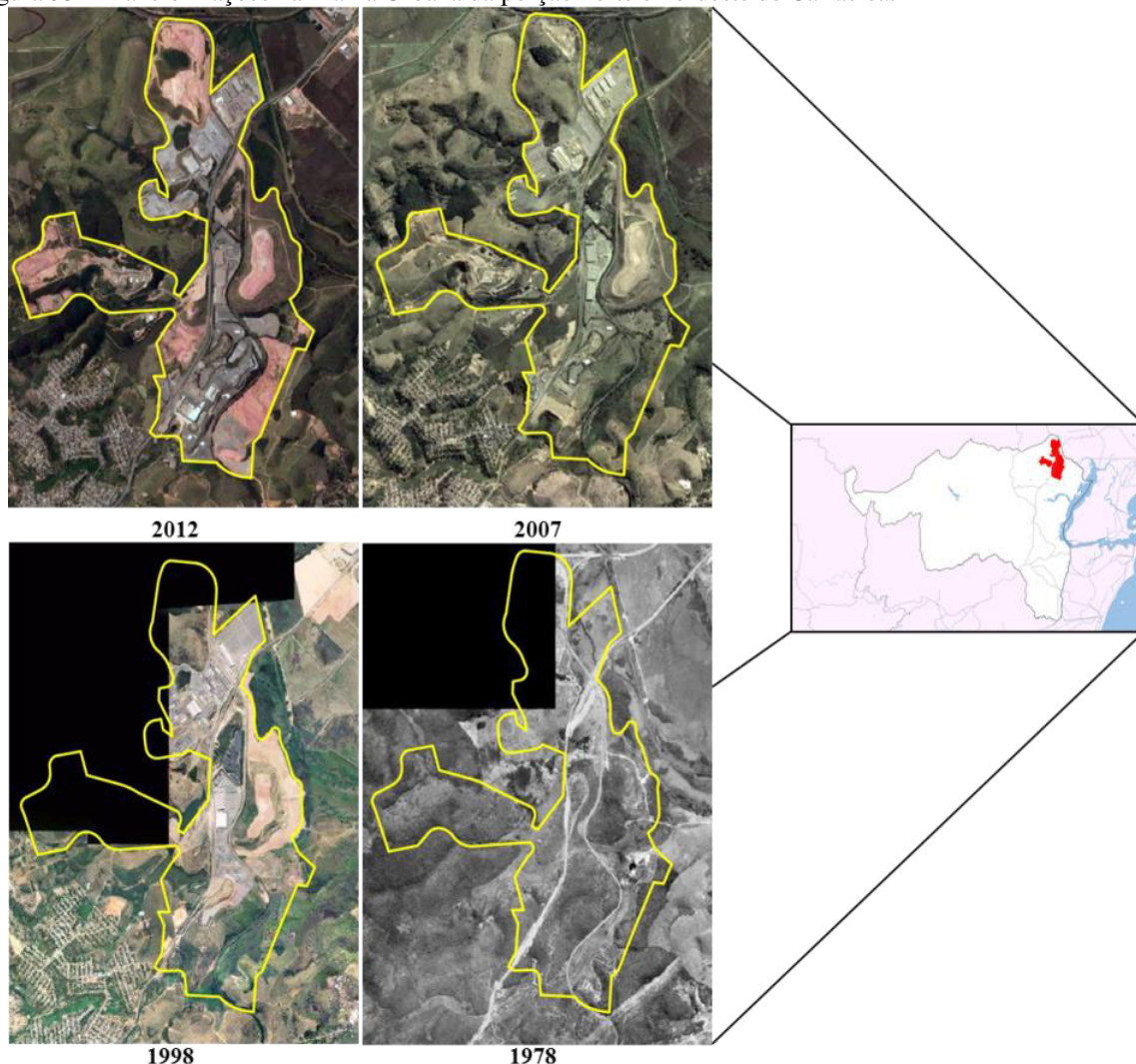
Fonte: Acervo pessoal do Autor. Maio/2016.

De acordo com a Figura 35, outro setor de expansão da Malha Urbana é visto na porção nordeste e norte do território municipal, especialmente nas áreas cortadas pelo rio Santa Maria da Vitória e na fronteira com o Município de Serra. Não se trata aqui de um crescimento da malha residencial como é verificado em outros pontos de Cariacica, mas sim como destacam Romanelli e Stelzer (2012), localização preferencial das principais atividades de ordem logística de caráter retroportuária, os chamados portos secos.

A região ainda configura-se como uma área bastante atrativa que engloba um grande aglomerado de armazenagem e movimentação de carga e descarga de produtos importados. Constata-se que o crescimento da área é estimulado pela sua proximidade com a BR-101

(rodovia do contorno) permitindo a interseção com a linha férrea da empresa VALE que faz ligação direta com o porto de Tubarão (ROMANELLI; STELZER, 2012).

Figura 35 - Transformações na Malha Urbana da porção norte e nordeste de Cariacica.



Fonte: Organizado pelo Autor com Informações do Hiparc.

Verifica-se que os empreendimentos retroportuários de armazenagem instalados ao longo da rodovia manifestam-se através de extensas áreas ora com solo exposto ora revestido por materiais ligados ao asfalto e ao concreto, com presença de grandes galpões envolvidos com telhas metálicas (zinco). Nota-se também a presença de extensos movimentos de terra, cuja magnitude permite prever que algumas porções serão completamente removidas, (ROMANELLI; STELZER, 2012). Este processo tende tornar a planície ainda mais conformada para os padrões de instalação dos empreendimentos portuários ali encontrados, movimentando cada vez mais a dinâmica urbana do território de Cariacica.

Conforme ilustra a Figura 35 as ocupações territoriais feitas pelos empreendimentos retroportuários eram ainda inexpressivas na década de 1970, entretanto nota-se que com o passar do tempo toda área demarcada apresenta transformações no uso e na cobertura, principalmente com a retirada da Cobertura Vegetal - bastante superficial (rarefeita), para a entrada da Pastagem/Solo Exposto ou para o capeamento asfáltico com vistas às futuras instalações dos grandes galpões de armazenagem de produtos.

Com participação de 39,17% de toda a área municipal, a Pastagem/Solo Exposto foi novamente o uso e cobertura da terra mais presente em Cariacica, representando em números absolutos uma área de 109,52 km². Todavia quando se compara com o ano de 1985 nota-se o decréscimo de efetivo envolvimento, contabilizando uma queda de 5,46% que condiz uma área de 15,28 km². Entende-se a dedução como resultado de transformações no uso e cobertura da terra, isto é, o surgimento de outras classes em substituição a de outrora. O raciocínio é confirmado quando se presencia o crescimento, sobretudo, da classe Malha Urbana entre 1985 e 2013 que soma uma área muito próxima (14,32km²) ao que fora extinto pela classe Pastagem/Solo Exposto.

Similar ao verificado em 1985 a classe Sombra no ano 2013 pode estar associada a áreas de vertente com exposição contrária a luminosidade do Sol (reverso) e neste contexto são encontradas totalmente na área rural. Entretanto nota-se também a participação de um polígono na posição nordeste, especificamente a esquerda da BR-101. Na verdade trata-se da presença de cobertura de nuvens sobre Vitória que promove em Cariacica uma faixa angular de sombreamento. Por isto no ano de 2013 a classe Sombra representou uma área de 7,08 km² o que equivale a 2,53% de toda a área.

5.2 Avaliações atmosféricas e de superfície em 1985 e 2013

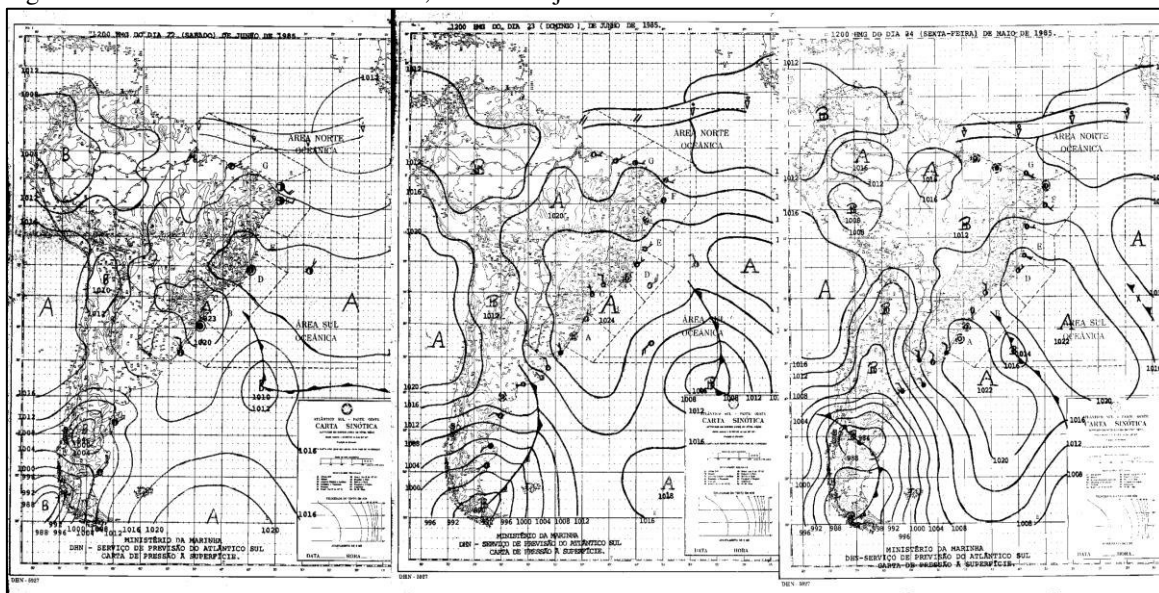
Conforme orienta Collischonn (1998) numa avaliação interpretativa da TST alguns conjuntos de fatores devem ser levados em consideração, a saber: o quadro anterior ao imageamento, isto é, as condições meteorológicas que antecedem a passagem do satélite, o estado atmosférico durante o momento do registro e a situação do uso e cobertura da terra naquele contexto.

Neste sentido, o resultado da mensuração e a condição térmica de superfície estarão diretamente relacionados com as condições meteorológicas do local que, associadas às características físicas e formas dos materiais encontrados na superfície (que por sua vez apresentam variação espacial e temporal) influenciam no comportamento da TST.

Tanto em 1985 quanto em 2013 todo o Estado do Espírito Santo estava sob a influência de uma célula de alta pressão atmosférica conhecida como ASAS. Trata-se de um sistema que apresenta um deslocamento sazonal com sentido leste-oeste e, como centro de alta pressão, é caracterizado pelo movimento subsidente do ar nas proximidades latitudinais dos 30°S. O ASAS consiste num considerável influenciador das condições climáticas entre as porções nordeste, central, sudeste e sul do Brasil (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Segundo orienta a Figura 36 ao longo dos dias 22, 23 e 24 de junho de 1985 foram observadas condições de estabilidade no estado da atmosfera como o céu claro e pequena nebulosidade. Nota-se a atuação do ASAS sobre o Atlântico e Sudeste no dia 22 de junho, com extensão para toda costa brasileira no dia 23. Já no dia 24 o litoral do Estado do Espírito Santo é marcado pela presença do sistema atmosférico com valor de 1020 hPa. Já o restante do Sudeste e Sul do Brasil abarcados pela isolinha de 1016 hPa.

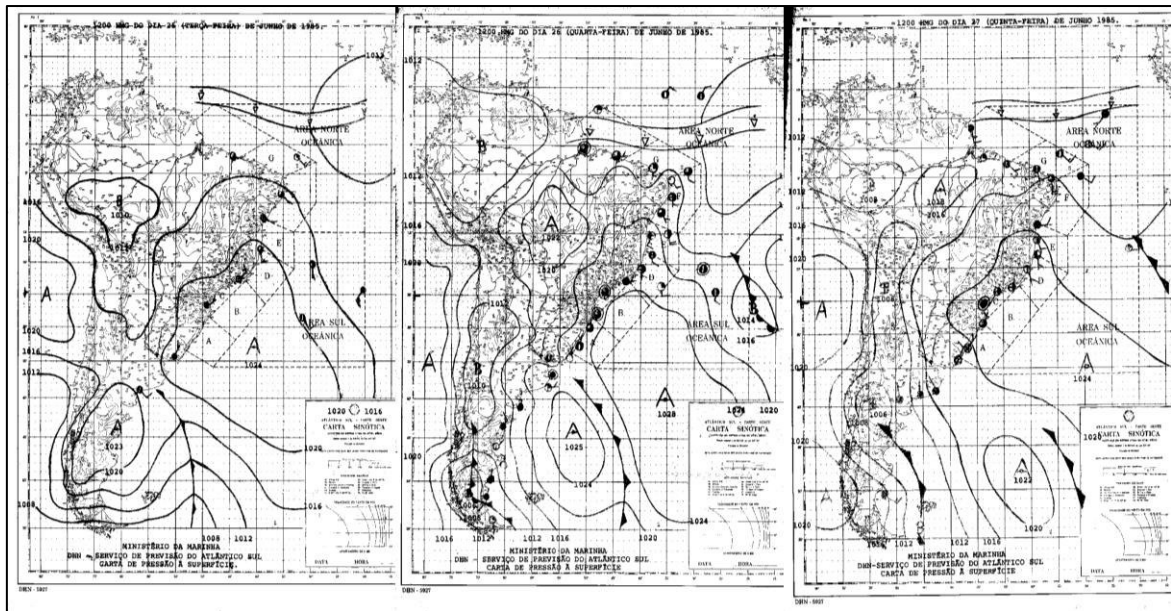
Figura 36 - Cartas sinóticas dos dias 22, 23 e 24 de junho de 1985 as 12 UTC.



Em 27 de junho a área de estudo é envolvida pelo sistema que atua sobre o Atlântico e estende-se por todo o litoral centro sul. Este processo bloqueia a chegada de nuvens oriundas

do oceano sobre o Espírito Santo, tornando o momento apto para o registro feito pelo sensor remoto.

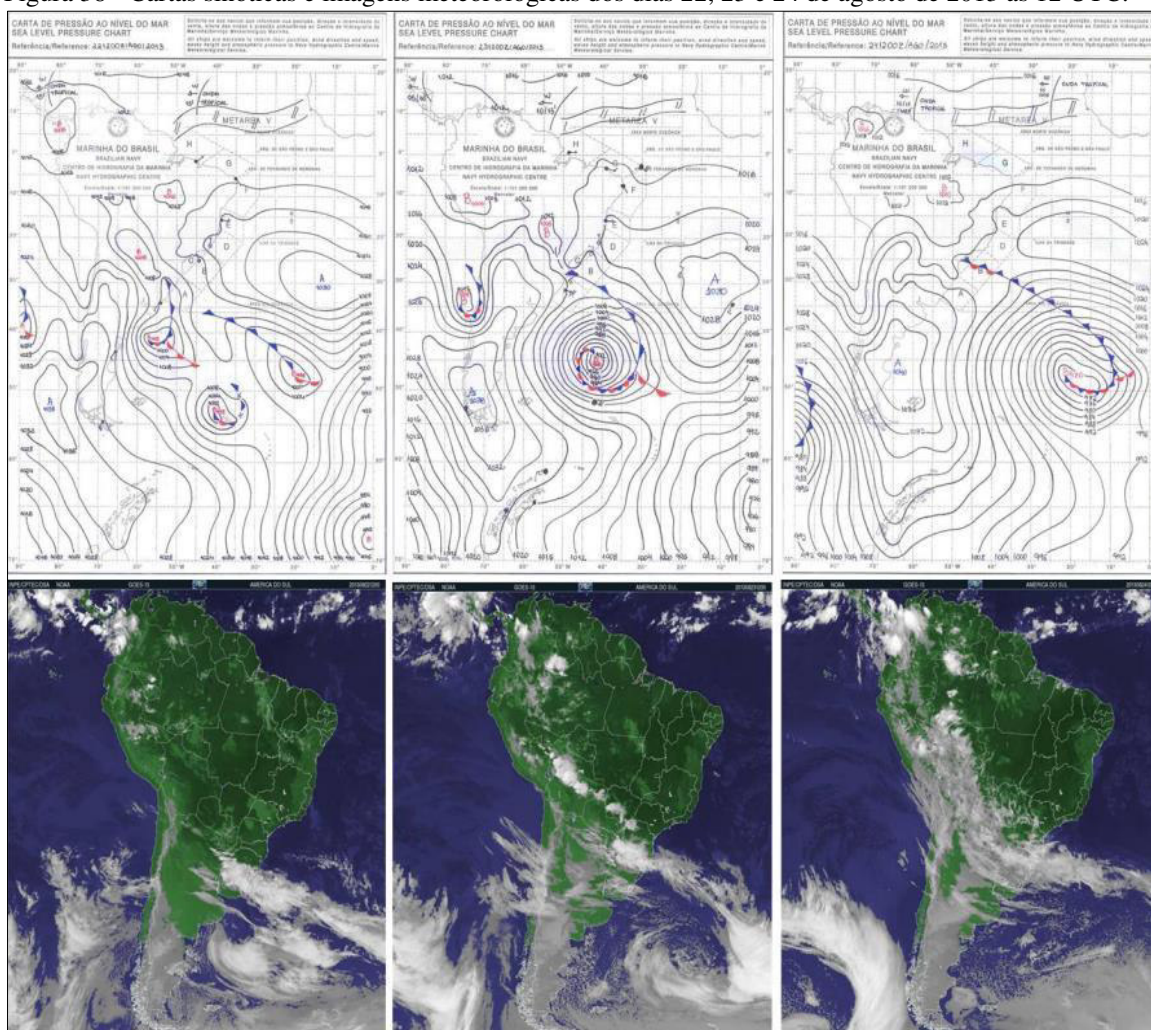
Figura 37 - Cartas sinóticas dos dias 25, 26 e 27 de junho de 1985 as 12 UTC.



Para o ano de 2013 a interpretação das condições do tempo foram feitas através das cartas sinóticas e das imagens do satélite GOES 3 datados do dia 22 a 27 de agosto de 2013 com horário 12 UTC. Neles verifica-se que o Município de Cariacica é marcado por uma atmosfera estável, apresentando pouca nebulosidade e ventos fracos.

De acordo com a Figura 38 a presença do ASAS na porção leste de 30°S - sob o Oceano Atlântico, dificulta a chegada de nuvens no continente. Nota-se também a influência exercida pela borda oeste do mesmo sistema nas condições atmosféricas da porção leste do Brasil (CPTEC, 2015).

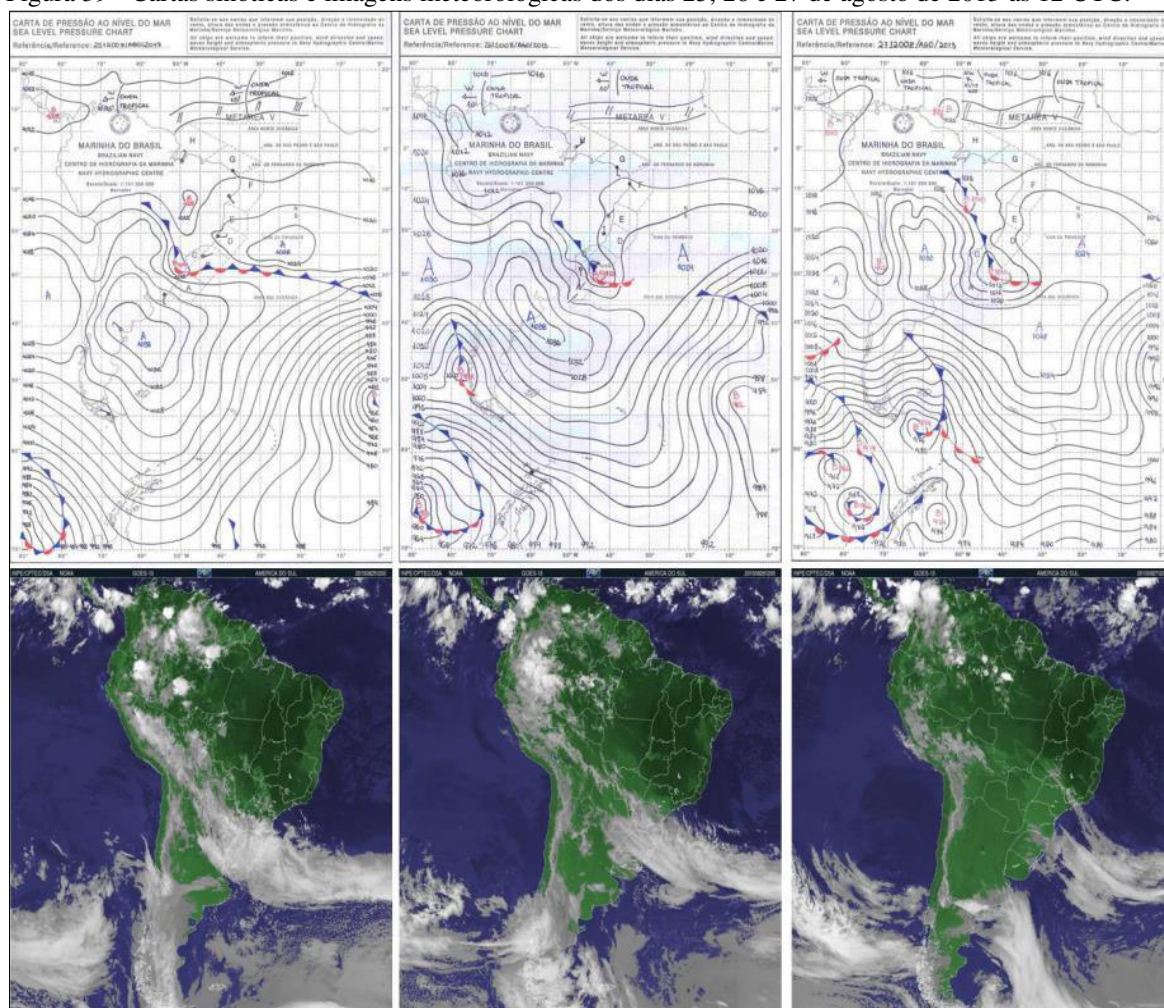
Figura 38 - Cartas sinóticas e imagens meteorológicas dos dias 22, 23 e 24 de agosto de 2013 as 12 UTC.



Fonte: CPTEC (2015).

A Figura 39 ainda evidencia as condições atmosféricas num momento anterior a passagem do satélite e nas proximidades da varredura para o ano de 2013. O ASAS atua principalmente sob o Oceano Atlântico e estende sua borda oeste em toda a área central do território nacional - abrangendo também as regiões nordeste e sudeste do Brasil. Durante esta dinâmica e em conformidade ao que é ilustrado pela imagem do satélite GOES, a nebulosidade é pouco expressiva, corroborando com a mensuração da TST e a minimização dos efeitos de sombreamento causados pelas nuvens (CPTEC, 2015).

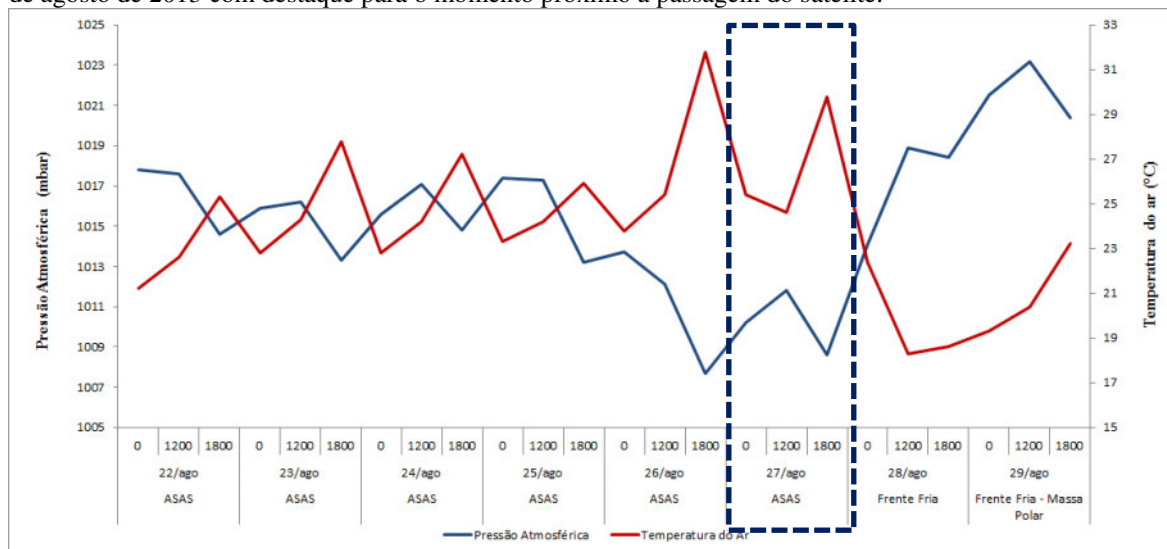
Figura 39 - Cartas sinóticas e imagens meteorológicas dos dias 25, 26 e 27 de agosto de 2013 as 12 UTC.



Fonte: CPTEC (2015).

O Gráfico 3 apresenta o comportamento das variáveis meteorológicas como a pressão atmosférica (mbar) e a TA (°C), registrados pela estação convencional do INMET da cidade de Vitória. Ele mostra que entre o dia 22 até o dia 27 de agosto as duas variáveis meteorológicas foram influenciadas pela presença do ASAS. Entretanto entre os dias 28 e 29 de agosto de 2013 são observados condições de Pré-Frontal, ou seja, aproximação de uma Frente Fria, onde é notado um aumento na Pressão Atmosférica seguida por uma queda da TA, que favorece a diminuição das nuvens e presença de ventos mais fracos.

Gráfico 3 - Evolução temporal da pressão atmosférica (mbar) em superfície e da TA (°C) no período de 22 a 29 de agosto de 2013 com destaque para o momento próximo a passagem do satélite.



Fonte: INMET (2013).

5.3 Avaliações do comportamento da Temperatura de Superfície Terrestre

Neste trabalho, a representação do comportamento da TST é dada em função do canal infravermelho termal dos satélites *Landsat-5* e *8*. Nele, a radiação eletromagnética registrada será atribuída principalmente à temperatura dos objetos instalados na superfície terrestre (COLLISCHONN, 1998; LORENZETTI, 2015).

Deve-se levar em conta que a TST mensurada pelos sensores remotos representa o conjunto dos chamados elementos inseridos no espaço geográfico, a saber: Cobertura Vegetal, Estruturas Viárias, Malha Urbana, Sombreamento, etc.. Neste sentido a resposta final do comportamento da TST tende ser a do objeto mais representativo da superfície imageada pelo sensor (OKE, 1987; COLLISCHONN, 1998; NOVO, 2008).

Além do mais, são levadas em consideração as características restritas das imagens termais durante a avaliação do comportamento da TST para cada recorte temporal. Um dos preceitos mais necessários que possibilitam a comparação do desempenho termal de superfície é a busca refinada de imagens com características próximas no estado atmosférico, com pretensão delas apresentarem aproximados ganhos de energia solar (NASCIMETO, 2011).

Roth e Oke (1989) destacam o mesmo preceito, assinalando a possibilidade de comparação da TST de três cidades distintas (Vancouver, Seattle e Los Angeles) em função da similitude nas condições atmosféricas. No referido estudo ambas as cidades estavam em condições

anticiclônicas, nas quais são presenciados fracos gradientes de pressão sinóticos e a pequena parcela de nuvens.

Desta forma, o comportamento da TST do Município de Cariacica para o ano de 1985 e 2013 é apresentado de acordo com a seguinte divisão:

- Avaliação da TST em Cariacica associado ao uso e cobertura da terra e com Apreciação das diferenças da TST no ambiente urbano e rural (Áreas 1 a 8);
- Avaliação do Perfil da TST A-B e C-D;
- Avaliação da proporção da TST em 1985 e 2013.

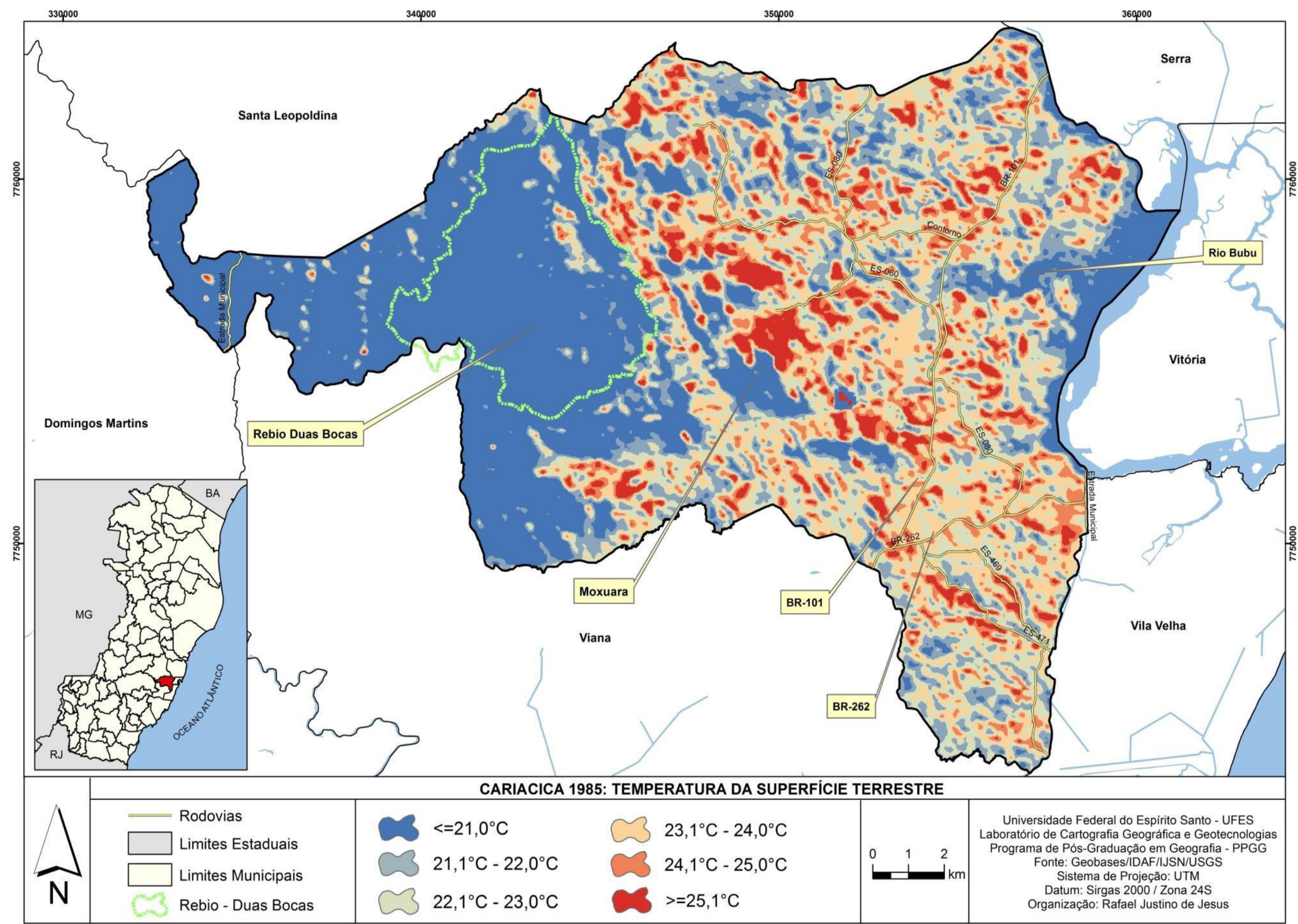
O Mapa da TST de Cariacica-ES em 27/06/1985 é representado pela Figura 40. A amplitude térmica de superfície durante o horário da passagem do satélite é de 18,9°C com temperatura mínima de 13,4°C e máxima de 32,3°C – agrupadas num intervalo que abrange os valores de $\leq 21,1^{\circ}\text{C}$; $21,1^{\circ}\text{C} - 22^{\circ}\text{C}$; $22,1^{\circ}\text{C} - 23^{\circ}\text{C}$; $23,1^{\circ}\text{C} - 24^{\circ}\text{C}$; $24,1^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$; $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$.

Como sinopse comportamental para no ano de 1985 (Figura 40) registram-se TST mais amenas sobre o domínio das classes Cobertura Vegetal e Corpos D'água encontrados principalmente na região rural de Cariacica, o que legitima a influencia e importância das áreas verdes na amenização da TST durante o dia, provocando como consequência um maior conforto térmico de superfície.

Aliás, as relações entre o comportamento da TST com as áreas vegetadas e aquelas suprimidas permitem indicar a concentração de temperaturas mais elevadas na região “central” da área urbana, principalmente nas delimitações da regional 4 – que é vista como a de maior adensamento urbano e também de temperaturas mais amenas testemunhadas nas áreas mais afastadas, como na direção nordeste da área urbana e nas imediações da REBIO Duas Bocas.

A Malha Urbana demonstra majoritariamente uma TST entre $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$. Entretanto são notados alguns polígonos pontuais que exibem TST entre $24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$ e $\leq 25,1^{\circ}\text{C}$. É neste contexto que são identificadas a presença das chamadas Ilhas de Calor de Superfície (OKE, 1987; FIALHO, 2009; LUCENA, 2013) em função da sua disparidade frente a um cenário. Já a classe Pastagem/Solo Exposto apresenta característica bastante heterogênea, exibindo uma TST que varia entre $22,1^{\circ}\text{C} - 23,0^{\circ}\text{C}$ com polígonos de $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$ e $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$.

Figura 40 – Temperatura da Superfície Terrestre de Cariacica em 27/06/1985.

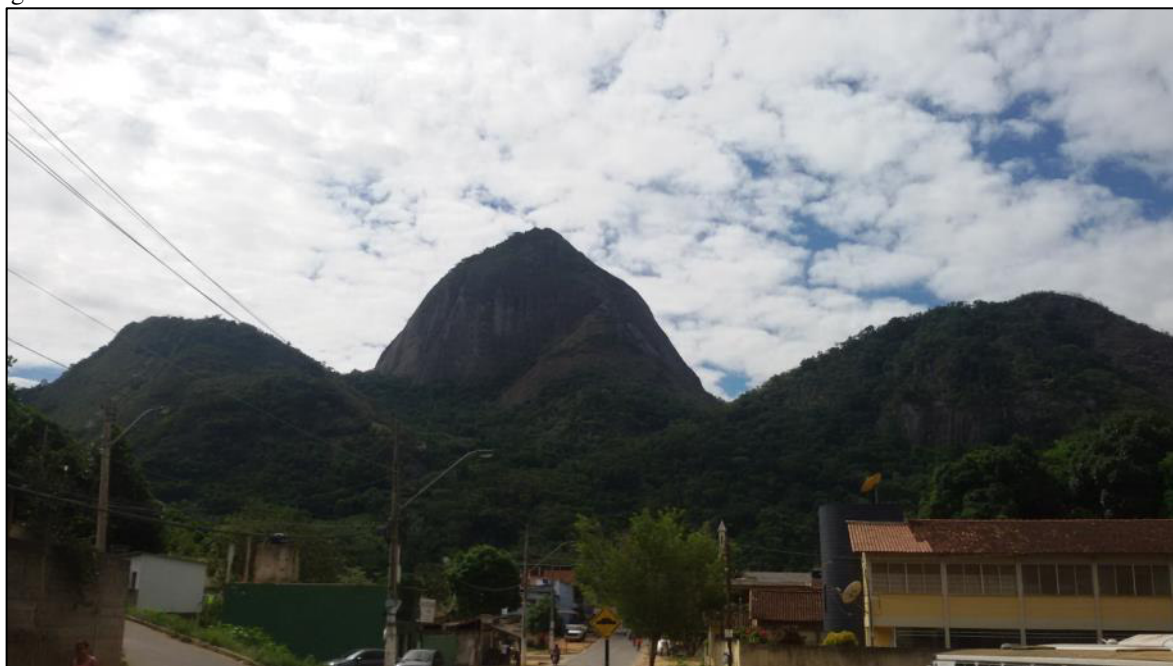


Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

É na área rural (oeste da REBIO Duas Bocas) onde são registrados os menores valores na TST, englobando um gradiente que varia entre $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$; $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$; $22,1^{\circ}\text{C} - 23,0^{\circ}\text{C}$; $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$. Nesta porção também são encontrados Ilhas de Calor de Superfície situadas principalmente nos fundos de vale onde é manifestado a influencia do homem no comportamento do uso da terra, orientados principalmente pela abertura de estradas, retirada de Cobertura Vegetal para futuras instalações residenciais ou de cultivo agrícola, com registros de TST $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$.

Cariacica é marcada pela presença da classe Afloramento de Rocha como o monte Moxuara (Figura 41). Aqui se percebe os efeitos do sombreamento causados pela orientação das vertentes, que promovem distintos valores da TST para uma mesma superfície e com mesma classificação de uso e cobertura da terra.

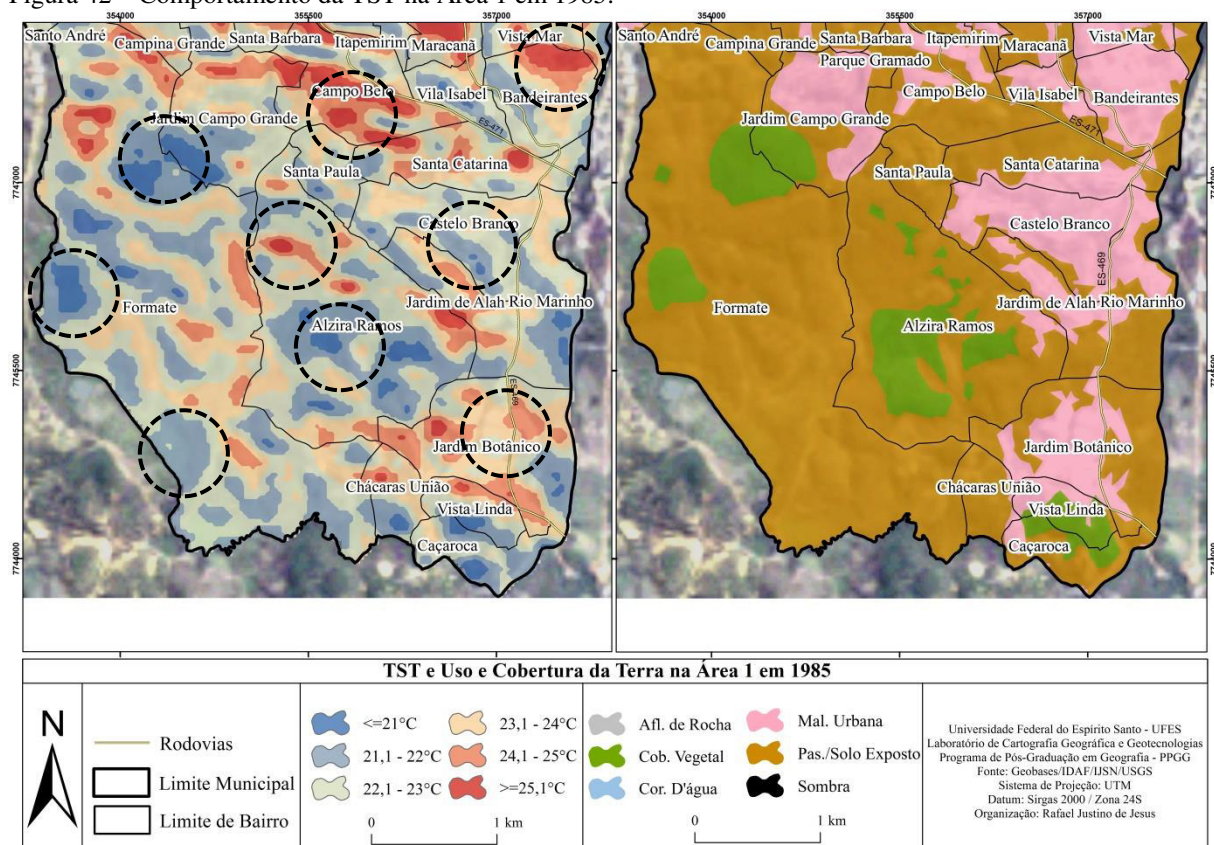
Figura 41 – Monte Moxuara visto do Bairro Novo Brasil/Cariacica.



Fonte: Acervo Pessoal do Autor. Abril/2016.

A Figura 42 demonstra o comportamento da TST encontrada na Área 1 na direção sudeste do Município. Esta porção de Cariacica é marcada pela intensa presença da classe Pastagem/Solo Exposto, alguns polígonos representativos de Cobertura Vegetal e também os assentamentos residenciais que compõem a classe Malha Urbana que é ali fixado graças à presença da rodovia ES-469, compondo principalmente os bairros Bandeirantes, Santa Catarina, Castelo Branco, Jardim de Aláh, Rio Marinho, Jardim Botânico, Chácaras União e Vista Linda e pela ES-471, representada pelos bairros Vila Isabel, Campo Belo e Jardim Campo Grande.

Figura 42 – Comportamento da TST na Área 1 em 1985.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

Entre as classes de uso e cobertura da terra a Pastagem/Solo Exposto foi a que apresentou uma TST que oscilou majoritariamente entre $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$; $22,1^{\circ}\text{C} - 23,0^{\circ}\text{C}$; $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$, aliás, manifestando para a mesma classe alguns polígonos pontuais que revelaram uma TST igual ou superior a $25,1^{\circ}\text{C}$ – que associado ao contexto proposto na fundamentação teórica pode ser consideradas Ilhas de Calor de Superfície (OKE, 1987; FIALHO, 2009; LUCENA, 2013). O comportamento mais ameno, isto é, os menores registros da TST para esta classe de uso pode estar relacionado com a presença marcante de vegetação rasteira (Pastagem), observados principalmente no bairro Formate, Chácaras União, Caçaroca e Vista Linda, no extremo limite do Município.

Já a elevada TST na classe Pastagem/Solo Exposto pode estar associada à presença do solo nu (estritamente exposto), comprovada pela presença de uma Ilha de Calor de Superfície identificada no bairro Campo Belo. O princípio físico/geográfico que também sustenta uma elevada TST para a classe é sua menor emissividade, e ela também tende a armazenar mais energia, experimenta uma redução no processo de reflexão e capacidade térmica, motivo pelo qual ela propende-se a se aquecer com mais facilidade do que em áreas de solo revestidos por

Cobertura Vegetal e que estão associadas à mesma quantidade de energia solar (OKE, 1987; JUNIOR, 2013).

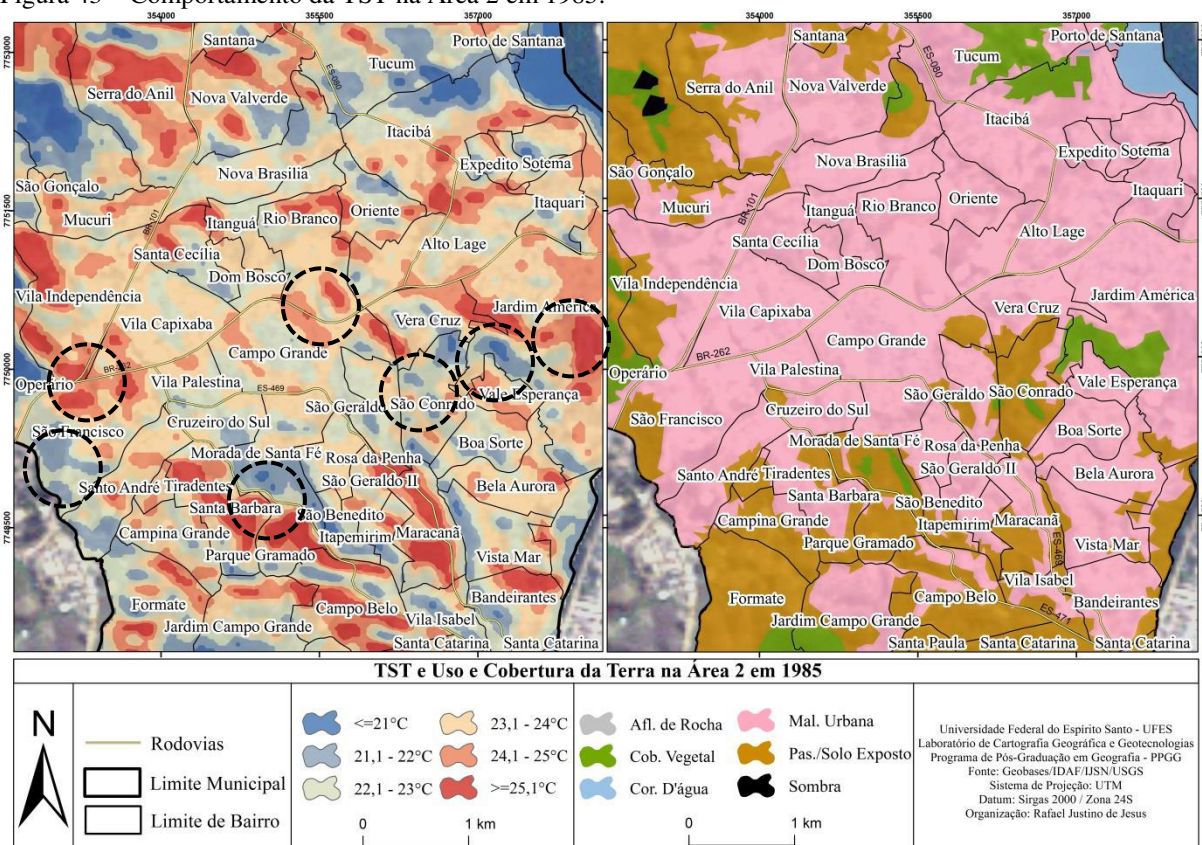
O fato acima é comprovado quando se observa a relação entre a classe Cobertura Vegetal e a TST exibida por ela, indicando os menores valores para esta porção territorial. A referida classe apresenta uma TST que varia entre 21,1°C até aos 22,0°C; Ademais, polígonos que representam valores da TST $\leq 21,0^\circ\text{C}$ são também ali encontrados, principalmente nas áreas centrais dos polígonos de 21,1°C – 22°C. Na circunstância em que são observados – eles, que exemplificam as áreas mais amenas da TST para a Área 1 de Cariacica, podem ser classificados como Ilhas de Frescor de Superfície e estão localizadas nos bairros Formate, Jardim Campo Grande, Alzira Ramos e Vista Linda.

A classe Malha Urbana mostrou-se bastante heterogênea exibindo uma nuance da TST que envolveu valores mínimos de 21,1°C – 22,0°C, até a marca igual ou superior a 25,1°C. As áreas mais amenas (21,0°C – 22,0°C; 22,1°C - 23,0°C) podem estar correlacionadas aos aglomerados residenciais que ainda não estão consolidados, de ocupação recente - onde são encontrados quintais com solo exposto, com predominância de cultivo botânico ou ainda glebas em processo de intensificação. Tal comportamento é encontrado nos bairros Jardim Campo Grande, Castelo Branco, Rio Marinho, Vista Linda e parte meridional de Bandeirantes.

A TST de representatividade mais elevada (24,1°C – 25,0°; $\geq 25,1^\circ\text{C}$) é verificada nos aglomerados que em 1985 mostraram-se “mais consolidados” e com menos plantio de vegetação doméstica nos loteamento como Jardim Botânico e o Norte de Bandeirantes. Esta característica influencia na maior participação de residências com cobertura de telhas de cerâmica, fibrocimento ou até mesmo lajes com ausência ou em processo de cobertura.

A Figura 43 exhibe a Área 2 que está situada na regional 4 (bairros Campo Grande, Cruzeiro do Sul, Dom Bosco, Morada de Santa Fé, Santa Cecília, São Conrado, São Francisco, São Geraldo, Vera Cruz, Vila Capixaba e Vila Palestina). É uma porção territorial que apresenta maior densidade de ocupação residencial e de comércio e serviços – quando comparada com outras posições do Município, mantendo dentro de seu limite uma das principais descentralizações da RMGV e a principal centralidade de Cariacica. Nota-se que esta posição é cortada pela BR-262 de leste a oeste o que confere a este trecho rodoviário boa parcela de incentivo ao adensamento e espraiamento da área.

Figura 43 – Comportamento da TST na Área 2 em 1985.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

O uso e cobertura da terra são marcados preponderantemente pela classe Malha Urbana, seguida pela Pastagem/Solo Exposto e pequenos resquícios de Cobertura Vegetal. Tal característica induz diretamente no comportamento da TST que é ali presenciado, onde são observados os intervalos de $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$ e com maior destaque manchas da TST com valores entre $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$ e $24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$, associado a expressivos, porém pontuais polígonos com registro de igual ou superior valor a $25,1^{\circ}\text{C}$. Este comportamento com caráter heterogêneo pode estar associado ao contínuo processo de consolidação que a área passa desde meados da década de 60 (REIS, 2007), não se encontrando totalmente efetivada até aquele momento.

Os polígonos que representam a TST mais elevada estão associados a coberturas metálicas de zinco ou de fibrocimento dos galpões instalados nas proximidades do entroncamento entre a BR-262 e a ES-080, no bairro Campo Grande²⁶ ($24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$; $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$), logo, relacionados com a classe Malha Urbana (Figuras 44 e 45).

²⁶ <http://gsimplemento.com.br/implementos-rodoviaros-siepierski-empresa/historia/>

Figura 44 - Empreendimentos comerciais nas proximidades da BR-262.



Fonte: Acervo pessoal do Autor. Maio/2016.

Figura 45 – Galpões instalados nas proximidades da BR-262.



Fonte: Acervo pessoal do Autor. Maio/2016.

No limite territorial dos bairros São Francisco, Vila Capixaba e Operário também são encontrados valores elevados da TST, conduta que pode estar associada ao processo de pavimentação da BR-262, instalação das Centrais de Abastecimento do Espírito Santo – CEASA-ES, e também pela presença da atualmente desativada fábrica de tecidos Braspérrola

S/A (Figura 46). Os materiais encontrados na superfície destes empreendimentos na maioria das vezes são compostos por telhas de amianto ou metálicas, que apresentam baixa emissividade e consequentemente registro mais elevado na TST.

Figura 46 – Fábrica Braspérola S/A.



Fonte: Acervo pessoal do Autor. Maio/2016.

Observa-se também para o bairro São Francisco e Operário a ocorrência de TST mais amenas entre $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$ e $21,1^{\circ}\text{C} - 22^{\circ}\text{C}$. Este comportamento resulta pela presença de significativa Pastagem/Solo Exposto (capeamento vegetal) e da Cobertura Vegetal de porte mais significativo. Já o bairro São Conrado situa-se quase que integralmente dentro das classes Cobertura Vegetal e Pastagem/Solo Exposto e exibe um comportamento mais ameno na TST ($21,1^{\circ}\text{C} - 22^{\circ}\text{C}$ e $22,1^{\circ}\text{C} - 23,0^{\circ}\text{C}$) frente ao entorno na qual se encontra.

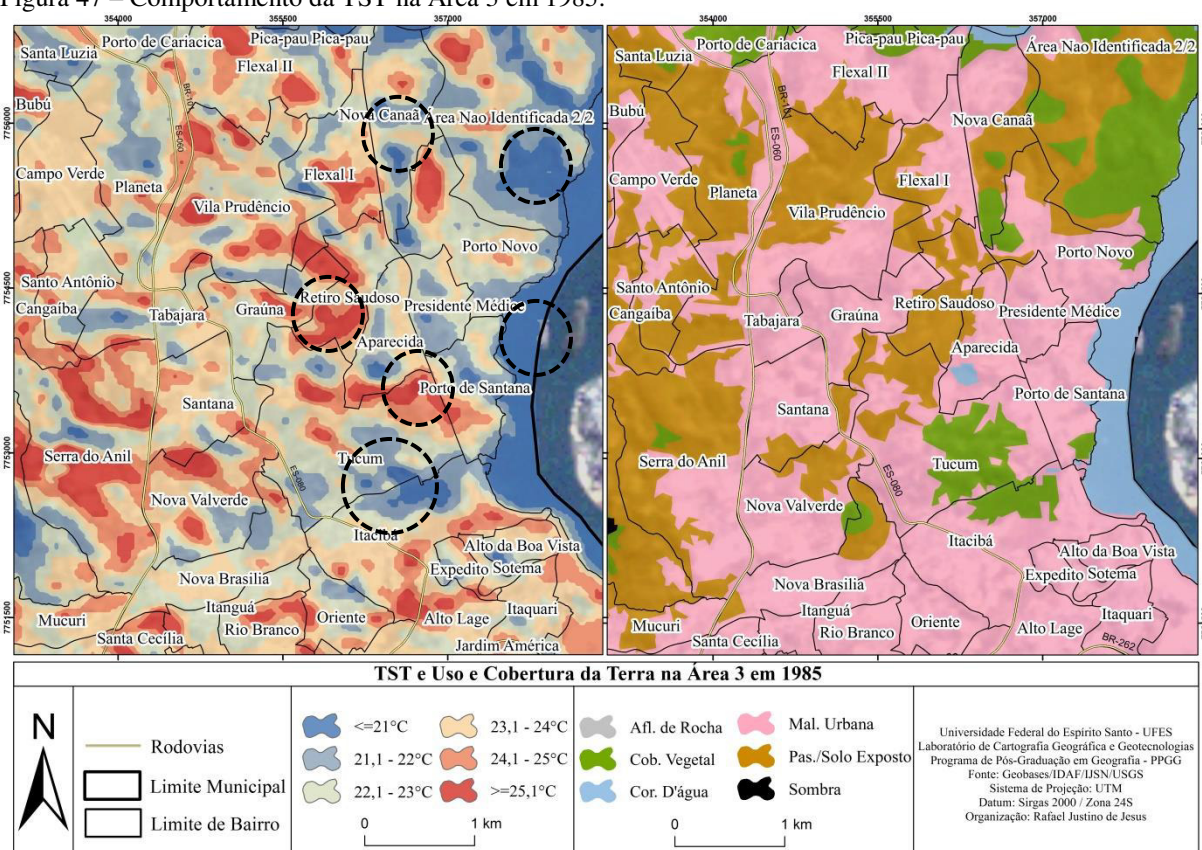
Os bairros Santa Bárbara e Parque Gramado são separados do bairro Morada de Santa Fé por meio da ES-471 que se situa no limite do córrego de Campo Grande. Nota-se que em Santa Bárbara e Parque Gramado é formado um significativo polígono da TST de registro mais elevado, enquanto que na posição contrária (Morada de Santa Fé) são registrados comportamentos opostos, isto é, TST com registro entre $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$, resultado que pode estar relacionado com as variações topográficas e a influencia deste processo na incidência da radiação solar sobre tal superfície.

Em 1985 grande parte da área que abrange o complexo industrial da ArcelorMittal no bairro Jardim América é dotado de expressiva grandeza na TST. Uma parcela da classe Cobertura Vegetal promove a formação de polígonos que revelam TST mais amenas, entretanto o contexto envolvido também apresenta espaços cujos valores situam-se numa mínima de

24,1°C e eleva-se até a marca $\geq 25,1^\circ\text{C}$, formando naquele terreno industrial um grande polígono de TST mais quente.

Já a Figura 47 evidencia o comportamento da TST para a Área 3, englobando principalmente os bairros inseridos na regional 1 de Cariacica (Aparecida, Flexal 1, Flexal 2, Nova Canaã, Porto Novo, Porto de Santana, Presidente Médice e Retiro Saudoso), posicionados nas proximidades da baía de Vitória. Afirma-se um comportamento de caráter bastante heterogêneo, pois a área em questão abriga em sua superfície representações de todas as classes da TST. O uso e cobertura da terra também são variados, constituído pelas classes Cobertura Vegetal, Corpo D'água, Malha Urbana e Pastagem/Solo Exposto.

Figura 47 – Comportamento da TST na Área 3 em 1985.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

A Cobertura Vegetal está instalada principalmente na direção nordeste desta área, consistindo na porta de entrada da Unidade de Conservação Lameirão, sendo deste modo, do tipo manguezal e de caráter denso. Esta classe também é vista na posição leste e oeste da ES-080. Quando relacionadas com a TST observou-se que todos os polígonos de Cobertura Vegetal localizados no manguezal (bairros Porto Novo, Nova Canaã e Área Não Identificada 2/2)

apresentaram um valor de TST entre 21,1°C – 22,0°C e polígonos mais amenos de $\leq 21,0^\circ\text{C}$. Aquelas localizadas nos bairros Tucum e Porto de Santana exibiram mais um intervalo de temperatura, constatando polígonos mais heterogêneos ($\leq 21,0^\circ\text{C}$; 21,1°C – 22,0°C e 22,1°C – 23,0°C). Este comportamento pode estar associado às diferenças na estrutura (densa e espaçada/rarefeita) e também nas condições biofísicas da Cobertura Vegetal. Todavia a divergência nos valores é bem sucinta, concluindo a respeito desse contexto que, apesar de disparidade estrutural elas mostraram proximidades quanto as suas características espectrais, indicando estreitos valores da TST.

A classe Corpo D'água registrou valores da TST próximos àqueles encontrados para a Cobertura Vegetal, todavia e distinguindo-se da classe anteriormente avaliada sobressaíram-se valores da TST $\leq 21,0^\circ\text{C}$, com participação de pequenos polígonos com registro entre 21,1°C aos 22,0°C. A conduta desta classe mostra sua importância como geradora de Ilhas de Frescor de Superfície e está relacionada diretamente com o seu alto valor de emissividade que é próxima a de um *corpo negro* (JENSEN, 2011) correspondendo a baixos valores na TST. Já a presença do intervalo 21,1°C – 22,0°C frente ao contexto em que é encontrado pode estar relacionada com o registro das chamadas plumas de sedimentação.

A classe Malha Urbana foi aquela que registrou as maiores variações na TST entre todas as presenciadas, oscilando entre 21,1°C – 22,0°C; 22,1°C – 23,0°C e 23,1°C – 24,0°C e também registrando alguns polígonos da TST de valor $\leq 21,0^\circ\text{C}$ e $\geq 25,1^\circ\text{C}$. Este desempenho tende a estar correlacionado com o pequeno adensamento e consolidação da Malha Urbana que a Área 3 detém em 1985. Ela inclina-se a apresentar residências não finalizadas, de quintais com solo exposto e alguma vegetação de cultivo doméstico, além dos lotes vagos e em processo construtivo.

Algumas Ilhas de Calor de Superfície são formadas nas imediações de Porto de Santana, Tucum e Aparecida, em função do registro de TST de valor $\geq 25,1^\circ\text{C}$ que é encontrado nesta delimitação. Este comportamento tende a estar associado à presença dos pátios do terminal intermodal que são capeados por materiais asfálticos, com armazenagem de *containers* e blocos de rochas da indústria de ramo ornamental, que por sua vez apresentam alta reflectância na região do infravermelho e emissividade mais baixa (JENSEN, 2011).

Já a classe Pastagem/Solo Exposto é aquela responsável pela extensão da Ilha de Calor de Superfície nos bairros Retiro Saudoso e Graúna. Esta classe por sua vez tem a redução da

emissividade como uma das principais características físico/geográfica, retém mais calor e reflete menos energia. Comparando esta classe com a Cobertura Vegetal nota-se que ele tende por um potencial de queda em sua capacidade térmica e necessita de menor quantidade de energia para que aumente sua temperatura em 1°C (JUNIOR, 2013).

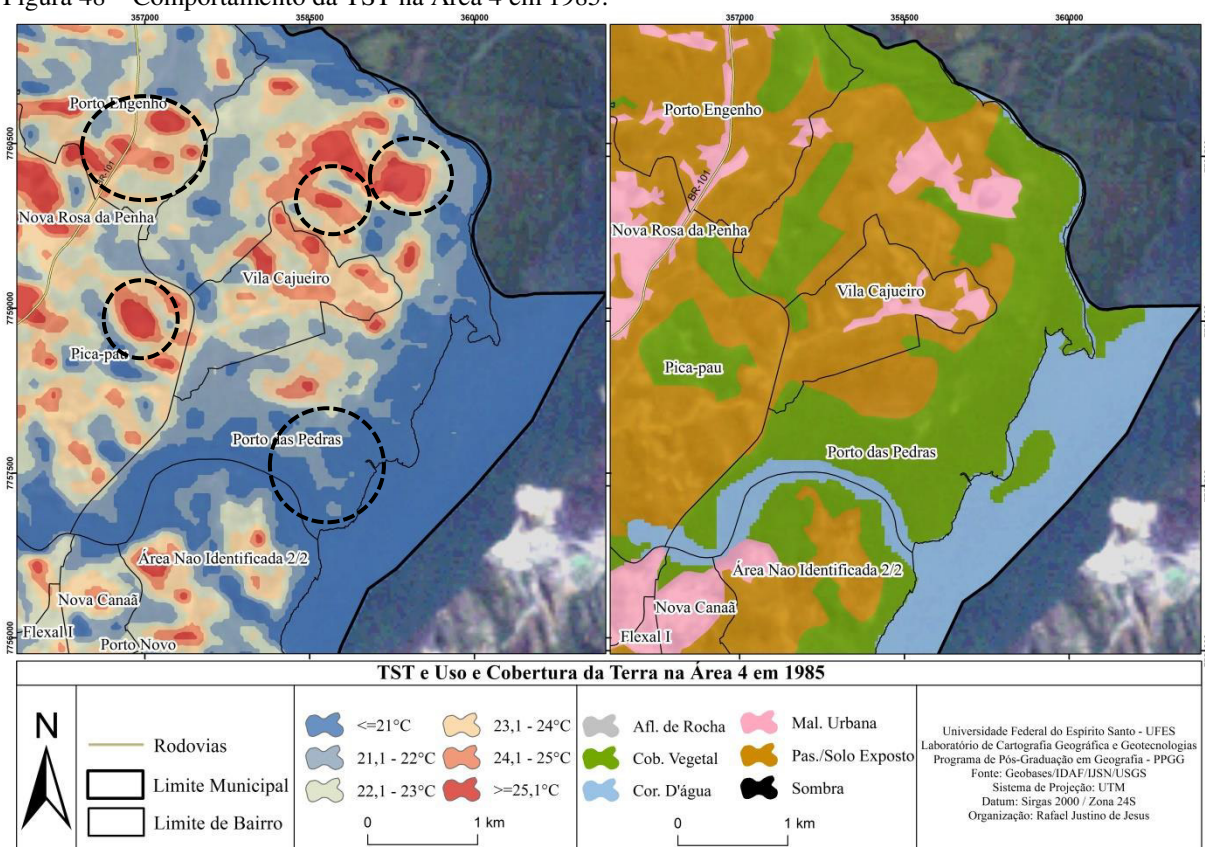
A Figura 48 apresenta as condições da TST para a Área 4, localizada na direção leste-nordeste de Cariacica, englobando com mais exclusividade o espaço situado a leste da BR-101 e nas imediações do Rio Bubu. Todos os intervalos da TST são encontrados nesta delimitação e entre eles há o destaque para a grande mancha correspondente a TST de $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$ caracterizando a área como a maior concentração de TST moderada e baixa em toda a área urbana municipal no ano de 1985. Com exceção das classes Afloramento de Rocha e Sombra são encontrados todos os outros usos e coberturas da terra, com predomínio da Pastagem/Solo Exposto, seguido pela Cobertura Vegetal, Corpo D'água e Malha Urbana.

A classe Cobertura Vegetal mostrou uma TST entre $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$; $21,1^{\circ}\text{C}$ - $22,0^{\circ}\text{C}$. Esta condição pode estar relacionada com a variação do albedo e emissividade daquela superfície, pois como comenta Delgado et al (2012) existe a possibilidade de oscilação do albedo de uma superfície coberta por vegetação em função de alguns fatores como a inclinação do Sol, cobertura de nuvens, tipo de vegetação²⁷, as condições na umidade da superfície e do ar e também na umidade e tipo de solo.

A classe Pastagem/Solo Exposto apresentou em maior significância uma TST entre $22,1^{\circ}\text{C}$ – $23,0^{\circ}\text{C}$; $23,1^{\circ}\text{C}$ - $24,0^{\circ}\text{C}$, tratando-se de um comportamento que se liga à sua característica, isto é, uma área que exhibe em 1985 um capeamento vegetal - não ao ponto de ser classificado como Cobertura Vegetal, e que explicita assim uma TST mais baixa.

²⁷ Grifo nosso.

Figura 48 – Comportamento da TST na Área 4 em 1985.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

Na classe Pastagem/Solo Exposto ainda é notada a presença da TST $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$, localizada principalmente dentro dos polígonos de temperatura ($24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$). Esta diferença e presença da TST mais elevada devem estar associadas ao nível de cobertura da pastagem, que neste caso é baixo ou nulo, isto é superfície com solo exclusivamente exposto (Figura 49), formando as chamadas Ilhas de Calor de Superfície nos bairros Pica-Pau e Vila Cajueiro.

A classe Malha Urbana é marcada por assentamentos que se distanciam do modelo residencial encontrado em outras partes de Cariacica, sendo caracterizada pelos capeamentos de cimento e concreto de grandes extensões de terra, marcados pelo início das instalações dos terminais intermodais. Nesta porção a referida classe é muito pontual, pouco participativa e situa-se na direção norte. Quando se relaciona o uso e cobertura da terra com a TST verifica-se que as manchas representativas da Malha Urbana exibem com veemência um comportamento da TST de valor $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$, confirmando a afinidade existente entre organização condensada da Malha Urbana com as elevadas TST, por meio das amplas áreas impermeabilizadas, de média e alta densidade de ocupação e pequena parcela ou ausência de Cobertura Vegetal.

Figura 49 – Solo estritamente exposto nas imediações da BR-101. Foto com Visada a partir do Cemitério Jardim da Saudade, bairro Porto Engenho.



Fonte: Acervo Pessoal do Autor. Abril/2016.

Por fim será avaliado o comportamento da TST para a Área 5, localizada no espaço situado ao norte da BR-101 e na direção oeste da mesma rodovia incorporando os bairros Porto Engenho, Nova Rosa da Penha, Vila Merlo, Nova Esperança e a Área Não Identificada 1/2 (Figura 50). Ela é marcada pelas classes Cobertura Vegetal, Malha Urbana e Pastagem/Solo Exposto.

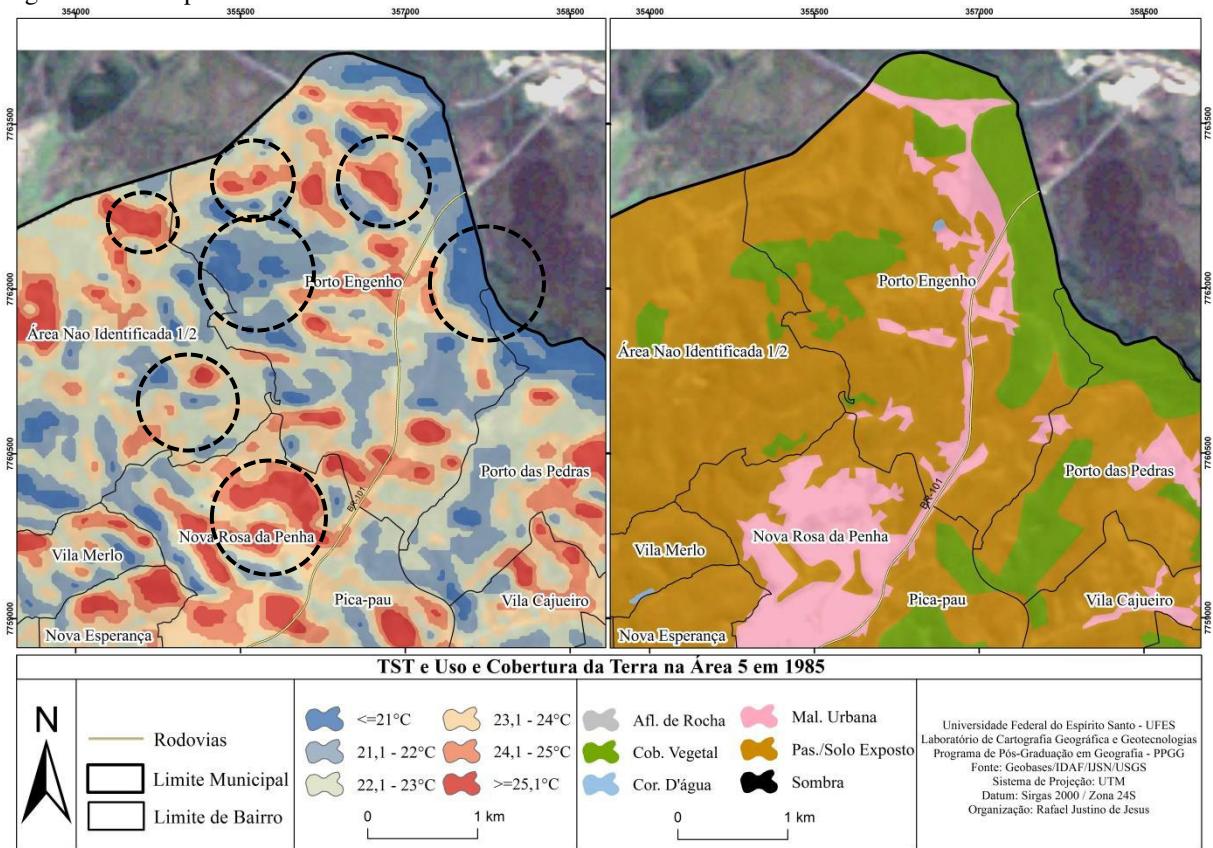
A Cobertura Vegetal revela-se contínua e aparece neste espaço através de uma mancha situada ao norte e leste da rodovia, além disto, são encontrados alguns polígonos pontuais a oeste da BR-101. Todos os polígonos que representaram esta classe manifestaram uma TST entre $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$ e $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$.

A classe Malha Urbana apresenta-se por diferentes rugosidades o que permite dizer que ela é composta por áreas residenciais (bairro Nova Rosa da Penha) e também pelas extensões de terra onde acontece o revestimento do solo urbano para as futuras instalações de porte industrial retroportuário (bairro Porto Engenho).

O bairro Nova Rosa da Penha já apresenta no ano de 1985 elevada TST ($24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$; $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$) relacionada principalmente ao significativo adensamento da área – caracterizado neste período por construções inacabadas e de famílias de baixo poder aquisitivo. Já as

extensões de terra capeadas por materiais ligados ao asfalto e concreto são dominadas por TST entre 22,1°C – 23,0°C; 23,1°C – 24,0°C; 24,1°C – 25,0°C e alguns polígonos de valor $\geq 25,1^\circ\text{C}$. Esta classe de uso e cobertura da terra mostrou elevada TST, considerando que é composta por materiais que tendem a reter maior energia solar se comparados com aqueles naturais, são muitas vezes de caráter impermeável, de baixa concentração de umidade e de baixa emissividade (OKE, 1987; JENSEN, 2011; COSTA e FRANCO, 2013; LORENZETTI, 2015).

Figura 50 – Comportamento da TST na Área 5 em 1985.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

A classe Pastagem/Solo Exposto apresenta alguns polígonos no intervalo entre $\geq 25,1^\circ\text{C}$, podendo estar associados a dois fatores principais, o primeiro diz respeito à presença de uma superfície com ínfimo ou nulo capeamento natural, isto é, solo estritamente exposto. Além disto, essa área tende a apresentar em alguns pontos juntamente com o Município de Serra a presença de solos turfosos que possuem natureza orgânica. Assim, com a entrada direta da radiação solar esta superfície tende a promover combustão espontânea, que por sua vez pode

elevar o comportamento da TST daquela região no período da manhã e no momento da passagem do satélite.

O segundo fator diz respeito à exposição de algumas superfícies a maior incidência solar em função da face da vertente. Sobre este princípio Fuckner (2008) comenta que o efeito da inclinação do eixo terrestre em relação ao plano do eixo de sua translação (eclíptica) tende a provocar ao longo de todo ano maior iluminação para as vertentes voltadas para o norte do que aquelas voltadas para a direção sul, indicando TST mais elevada para estas áreas.

5.3.1 Comportamento da Temperatura da Superfície Terrestre para a porção rural de Cariacica no ano de 1985

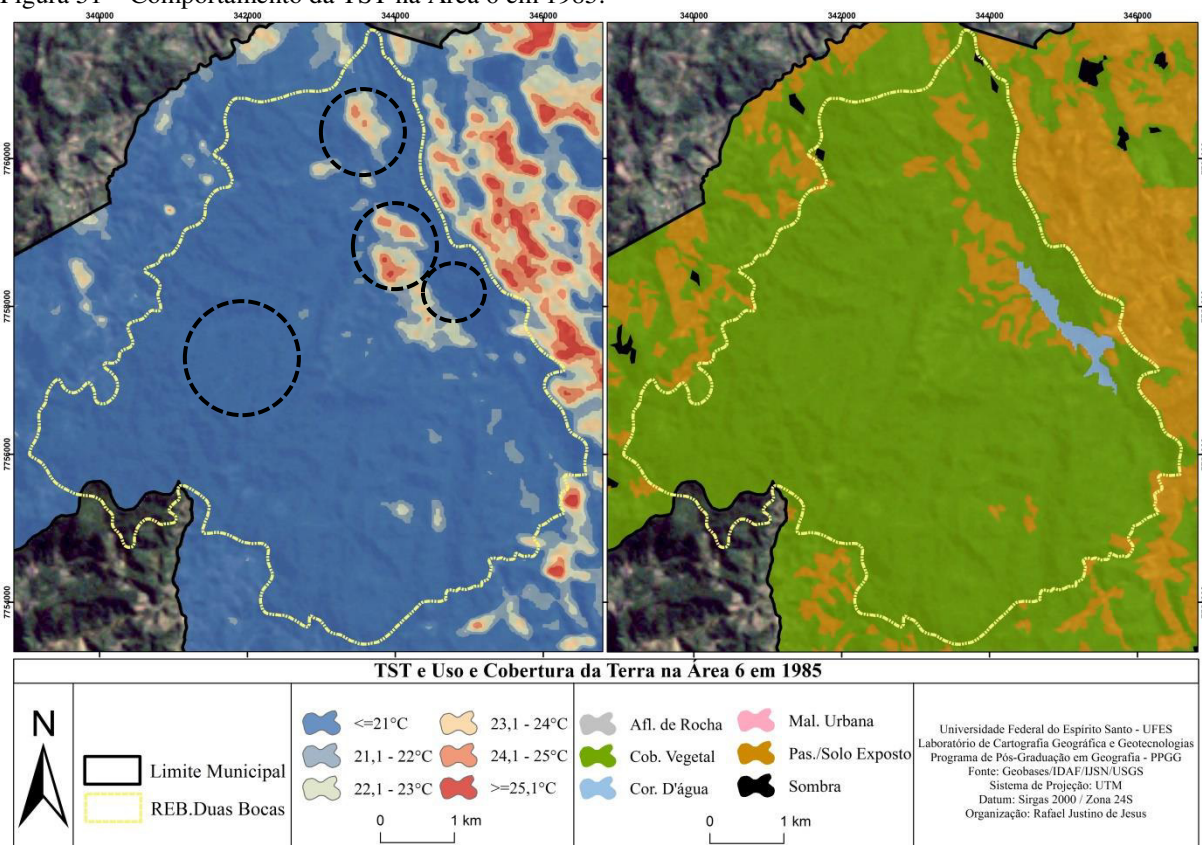
Já as avaliações do comportamento da TST para a área rural de Cariacica serão contempladas a partir dos direcionamentos pontuais como a delimitação da REBIO Duas Bocas (Área 6), a posição extremo oeste municipal – na divisa com Santa Leopoldina e Domingos Martins (Área 7) e a posição leste que faz limite com a REBIO (Área 8).

A Figura 51 apresenta o comportamento da TST para o recorte da REBIO Duas Bocas. Dentro do limite oficial indicado pela linha pontilhada a TST exhibe todos os componentes de seu intervalo termal - desde as áreas mais amenas ($\leq 21,0^{\circ}\text{C}$) até as áreas mais quentes ($\geq 25,1^{\circ}\text{C}$). Esta conduta é atrelada ao tipo de uso e cobertura da terra que é ali conferido, que para o ano de 1985 detém em maior proporção a Cobertura Vegetal, seguida pela Pastagem/Solo Exposto e pelo Corpo D'água.

Como reserva florestal em 1985 nota-se uma expressiva degradação em seu território visto a participação da classe Pastagem/Solo Exposto que é demarcada principalmente nos arredores da represa. Nunes (2004) destaca que a porção territorial localizada próximo à represa e da estação de tratamento de água já foi bastante desmatada em função à entrada do pastoreio e plantio da banana e café.

Os fatores acima comentados influenciaram diretamente no modo como é exibida a TST em Duas Bocas, pois classe Cobertura Vegetal apresentou uma TST com registro de $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$ e nuances de $21,1^{\circ}\text{C}$ até os $22,0^{\circ}\text{C}$. As áreas onde foram assinaladas as TST mais amenas foram àquelas situadas nas porções mais interioranas, de topografia acidentada e de difícil acesso, além disso, é ali onde são presenciadas Cobertura Vegetal do tipo denso e primário.

Figura 51 – Comportamento da TST na Área 6 em 1985.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

Atualmente e conforme mostra a Figura 52 as áreas mais desmatadas encontram-se em processo de reflorestamento com avançado processo de recuperação. Caracteriza-se por uma Cobertura Vegetal do tipo secundária.

Figura 52 - Processo de reflorestamento e plantio de monocultura na região da REBIO Duas Bocas.



Fonte: Acervo Pessoal do Autor. Abril/2016.

A classe Pastagem/Solo Exposto é a responsável pelos registros mais elevados da TST dentro da reserva e concentram-se principalmente no entorno do reservatório de água. Ela se estende

num eixo poligonal em direção ao norte e também são encontradas pequenas manchas em sua porção mais meridional.

A TST é marcada por valores entre 23,1°C – 24,0°C, 24,1°C - 25,0°C e também TST que representam os valores mais elevados que são aqueles acima ou igual a 25,1°C. Esta classe promove dentro da REBIO a formação das Ilhas de Calor de Superfície – por meio da presença de polígonos mais quentes (em função da Pastagem/Solo Exposto), com sequência de polígonos da TST mais amenos da classe Cobertura Vegetal.

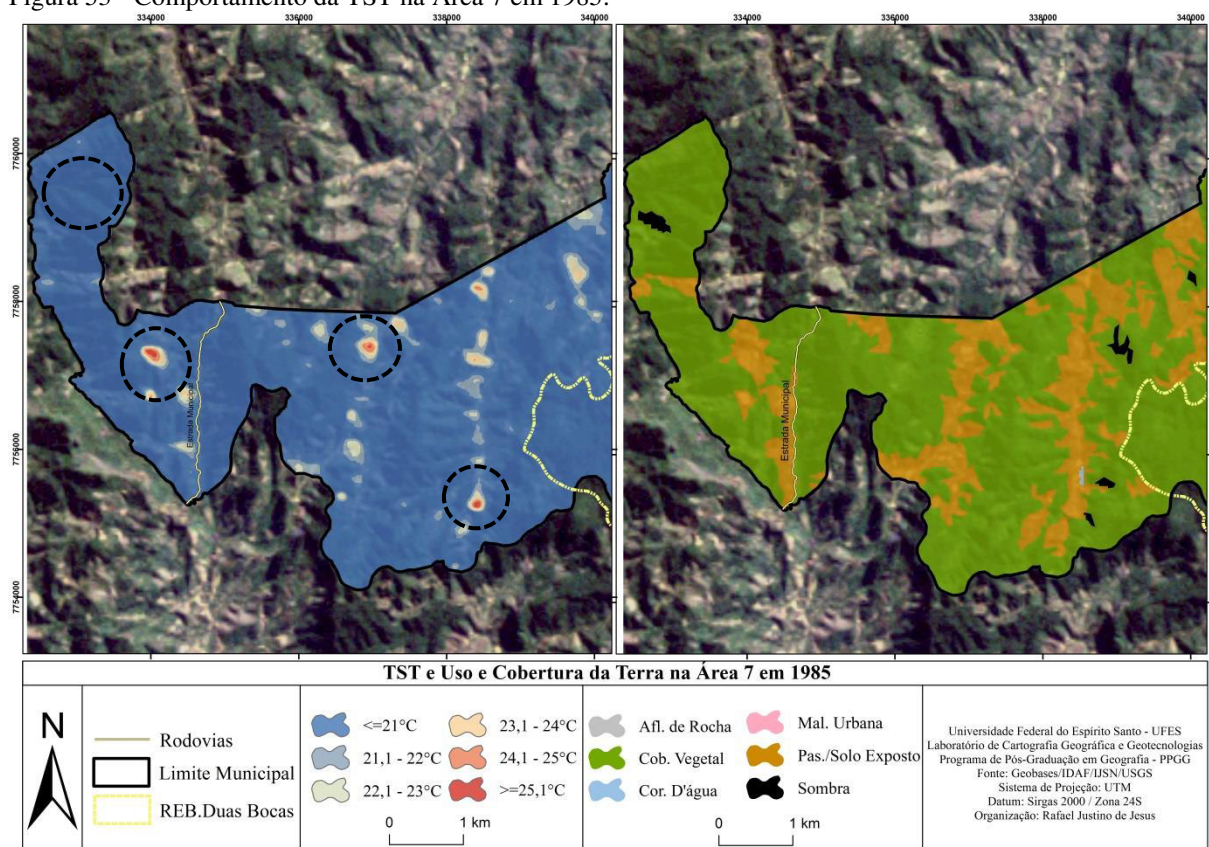
Já a classe Corpo D'água é representada pela represa Duas Bocas e exibe um comportamento da TST similar aqueles encontrados para a mesma classe na área urbana e na porção da baía de Vitória. Ela apresenta conjuntamente à Cobertura Vegetal os menores valores de TST ($\leq 21,0^{\circ}\text{C}$).

A Área 7 é exibida pela Figura 53 está inserida na porção extremo oeste do Município de Cariacica. Ela apresenta em grande destaque dois usos e cobertura da terra - Cobertura Vegetal e a Pastagem/Solo Exposto, seguidos por pequenos polígonos de Sombra e um polígono de Corpo D'água. Aqui as características do uso e cobertura aliadas ao fator topográfico exercem influência e sinalizam o comportamento da TST. Este último principalmente no que concerne às temperaturas mais elevadas.

Trata-se de uma região muito interiorana de Cariacica o que evidencia para a classe Cobertura Vegetal a característica de padrão denso (mata fechada) e de natureza primária, isto é, remanescentes conservados da Mata Atlântica. Esta classe apresentou para a referida delimitação os menores valores da TST englobando a faixa do intervalo dos $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$, que por sua vez pode relacionar-se a posição topográfica (elevada e íngreme) em que a classe se encontra.

Diferente do observado em classe anterior, a Pastagem/Solo Exposto é o uso e cobertura da terra responsável pela ocorrência de pequenas Ilhas de Calor de Superfície nesta área, em função da presença de polígonos cujo valor de TST apresenta-se em $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$. Tal fato é incentivado pelas primeiras aberturas de caminhos - conforme se assenta a Estrada Municipal e também na preparação da terra para o plantio e cultivo agrícola, dando início ao processo de derrubada de mata nativa.

Figura 53 - Comportamento da TST na Área 7 em 1985.

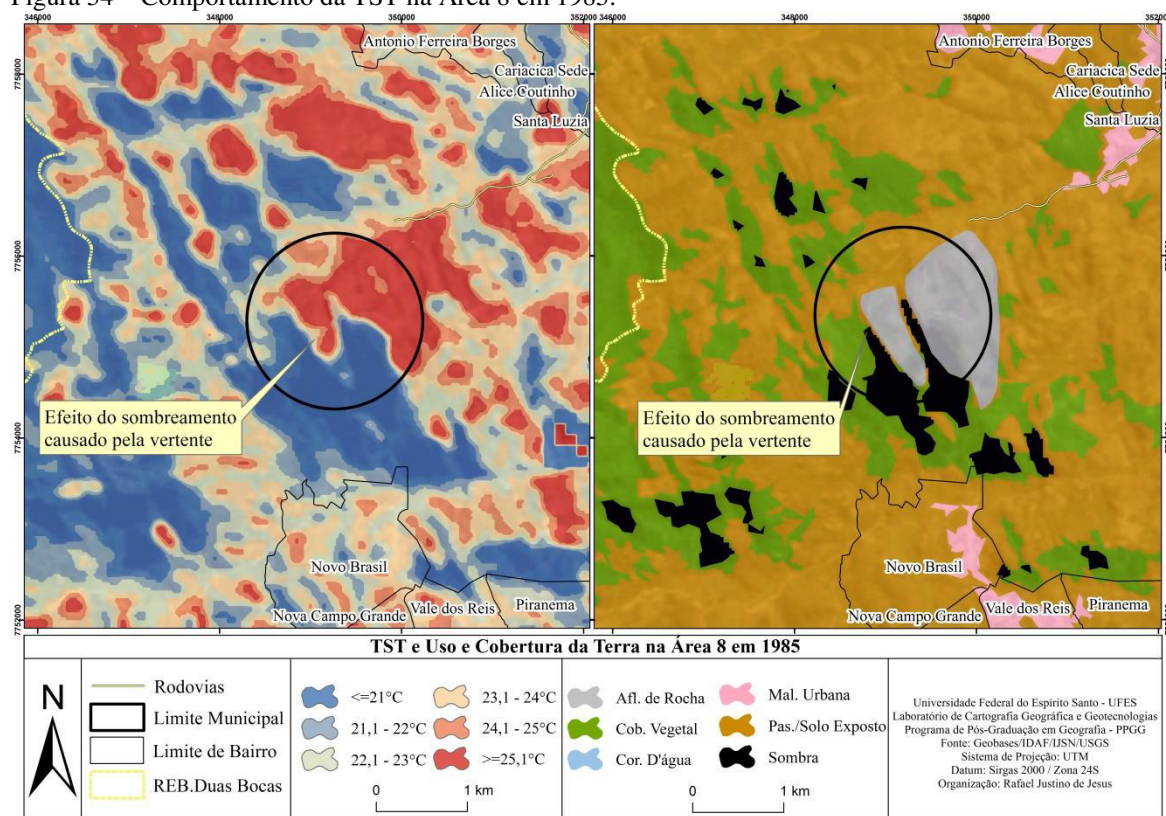


Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

A formação das Ilhas de Calor de Superfície para esta classe de uso e cobertura da terra também pode estar relacionada com a diminuta habilidade da Pastagem/Solo Exposto em dissipar o calor - em função de sua característica biofísica e espectral, contribuindo na manifestação de TST mais elevadas (CORREA; COELHO; VALE, 2015).

A Figura 54 exibe o comportamento da TST para a Área 8, inserida ao lado leste da REBIO. A Pastagem/Solo Exposto exibiu elevados valores na TST que de acordo com Correa, Coelho e Vale (2015) pode estar associada à quase ausência ou total inexistência de Cobertura Vegetal com preeminência de materiais ligados ao capeamento artificial como o asfalto e concreto, ou até mesmo as vielas e estradas de chão – vide a estrada que dá acesso a Duas Boas (Caminhos do Campo), que por sua vez promovem inércia térmica e consequentemente elevam a TST. Além disso, esta é uma área composta pela classe Afloramento de Rocha revestida por Cobertura Vegetal e que sinaliza o comportamento contrário da TST ao longo das faces das vertentes, formando ali grandes extensões de Ilhas de Calor ($\geq 25,1^{\circ}\text{C}$) e Frescor ($\leq 21,0^{\circ}\text{C}$) de Superfície.

Figura 54 – Comportamento da TST na Área 8 em 1985.



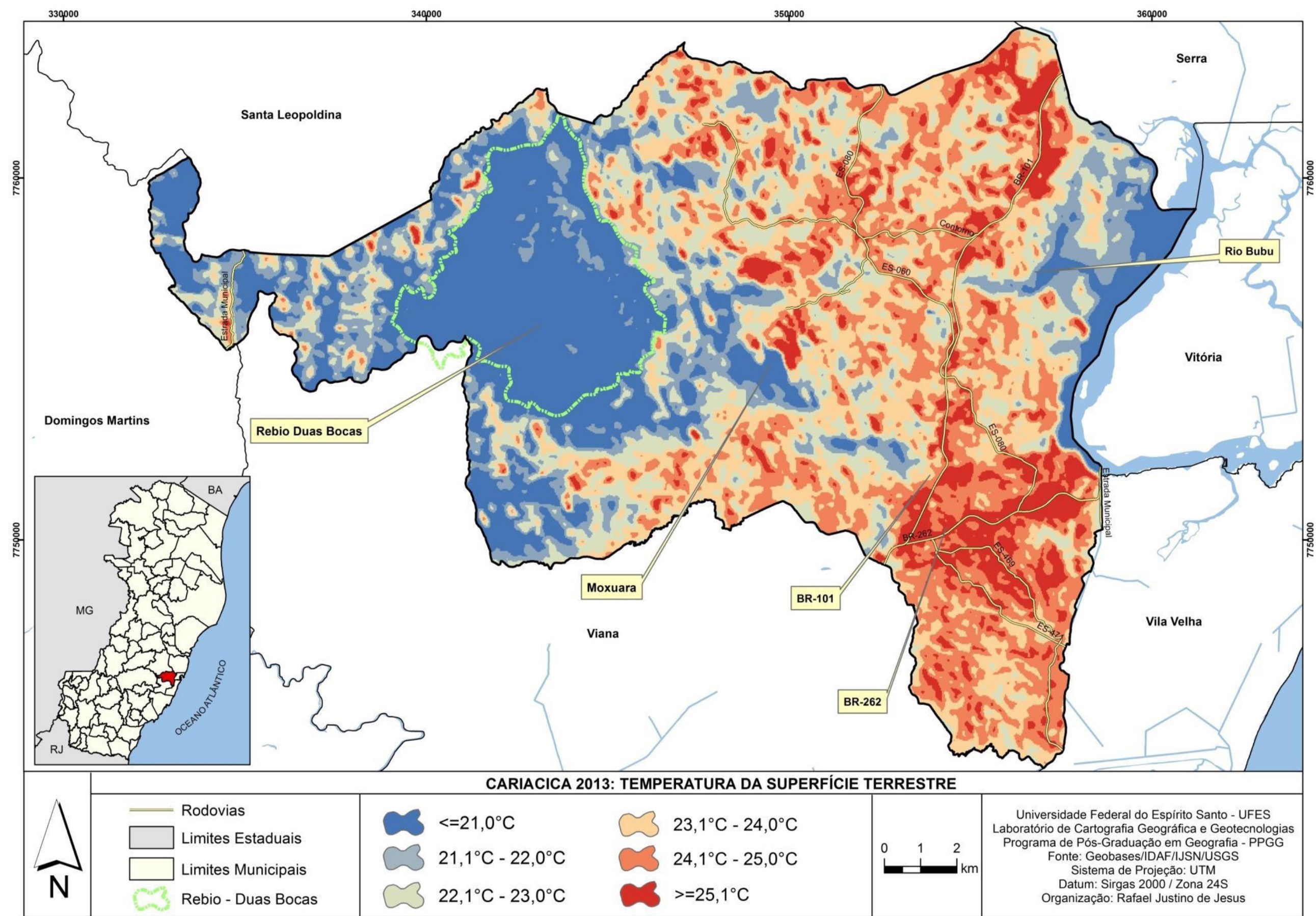
Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

5.4 Comportamento da Temperatura da Superfície Terrestre no ano de 2013

O Mapa representado pela Figura 55 revela o comportamento da TST de Cariacica em 27/08/2013. A amplitude térmica de superfície durante o horário da passagem do satélite é de $13,5^{\circ}\text{C}$, com temperatura mínima de superfície de $15,7^{\circ}\text{C}$ e máxima $29,2^{\circ}\text{C}$ – agrupadas num intervalo que abrange os valores de $\leq 21^{\circ}\text{C}$; $21,1^{\circ}\text{C} - 22^{\circ}\text{C}$; $22,1^{\circ}\text{C} - 23^{\circ}\text{C}$; $23,1^{\circ}\text{C} - 24^{\circ}\text{C}$; $24,1^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$; $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$. A temperatura máxima do ar registrado pela estação meteorológica de Vitória nesta data foi de $31,7^{\circ}\text{C}$ e a mínima de $20,6^{\circ}\text{C}$.

De maneira geral os registros mais amenos ($\leq 21,0^{\circ}\text{C}$; $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$) foram identificados por toda extensão longitudinal de parte da baía de Vitória e também da desembocadura do Rio Bubu com direção ao interior de Cariacica.

Figura 55 - Temperatura da Superfície Terrestre de Cariacica em 27/08/2013.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

As áreas mais amenas estão associadas às classes de uso e cobertura identificadas como Cobertura Vegetal e Corpo D'água – que atuam como importantes mecanismos no equilíbrio e frescor térmico de superfície, principalmente a classe Corpo D'água devido a sua alta capacidade calorífica, que durante o dia absorve e retém a radiação solar (COLLISCHONN, 2005).

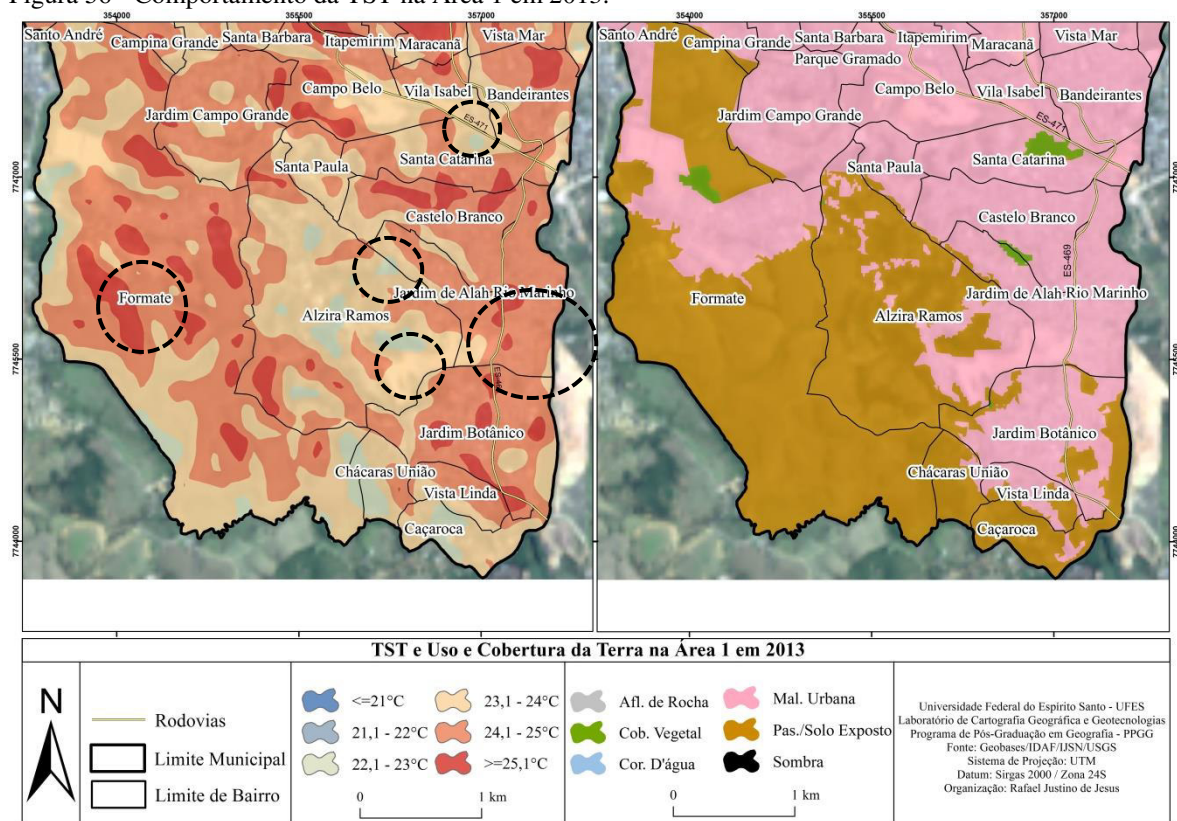
Como já visto, na porção central da área de estudo há o predomínio de encostas mais inclinadas que compõem a unidade dos Patamares Escalonados do Sul Capixaba. Nota-se que a disposição topográfica desta elevação dificulta a incidência da radiação solar e dos ventos norte/nordeste na porção de seus reversos, provocando no momento da passagem do satélite polígonos de sombreamento e o desenvolvimento dos chamados *canyons* que consequentemente registram menores valores da TST.

A Área 1 é retratada através da Figura 56 e em 2013 caracteriza-se no local onde a Malha Urbana expande suas dimensões em Cariacica. Ali é constatada a presença de polígonos exibindo valores de 23,1°C – 24,0°C seguidos por áreas que apresentam a variação térmica entre 24,1°C - 25,0°C além das superfícies que registram valores iguais ou acima dos 25,1°C. Em comparação com o ano de 1985 nota-se aumento no comportamento da TST em praticamente todas as extensões do recorte, tendo em vista que em avaliação anterior houve em maior proporção a participação dos intervalos da TST de valor 21,1°C – 22,0°C; 22,1°C – 23,0°C e 23,1°C – 24,0°C.

Tal aspecto tende a estar relacionado com o comportamento do uso e cobertura da terra que é ali conferido, pois se trata de uma extensão territorial que experimenta atualmente a intensificação e crescimento de sua Malha Urbana num movimento de difusão que envolve a ES-469 que por sua vez é conferida como uma das incentivadoras deste processo.

Em conformidade à Figura 56, esta área é contemplada pelas classes de Cobertura Vegetal que se posicionam através de polígonos pontuais principalmente no entroncamento entre a ES-471 (leste-oeste) e a ES-469 e no bairro Formate e Castelo Branco. Também, pela classe Malha Urbana que é moldada linearmente pela estrutura viária com tendência de propagação e nova configuração para a direção sudoeste e pela classe Pastagem/Solo Exposto, ajustando-se principalmente na posição oeste e sudoeste da Área 1.

Figura 56 - Comportamento da TST na Área 1 em 2013.



Fonte: Organizado pelo autor. Janeiro/2016.

A Pastagem/Solo Exposto exibiu um comportamento na TST que variou entre $23,1^{\circ}\text{C}$ - $24,0^{\circ}\text{C}$; $24,1^{\circ}\text{C}$ - $25,0^{\circ}\text{C}$ e alguns polígonos que ora registraram as temperaturas mais elevadas de valor $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$ e as mais amenas de $22,1^{\circ}\text{C}$ - $23,0^{\circ}\text{C}$. Esta conduta na TST deve estar vinculada ao aumento na supressão do capeamento vegetal e o aparecimento do solo com pouca ou nenhuma cobertura superficial, que por sua vez pode relacionar-se ao processo de delimitação de glebas para o adensamento de novos loteamentos, fato corroborado em função da expansão da Malha Urbana nos bairros Formate e Alzira Ramos, assim, as Ilhas de Calor de Superfície associadas a esta classe de uso e cobertura podem estar articuladas a estes processos que consequentemente mensuram valores mais elevados da TST.

É verificada uma significativa supressão na classe Cobertura Vegetal que passa a ser identificada em pequenos e singulares polígonos que por sua vez caracterizam-se em porte rarefeito. Em 2013 ela esteve associada aos valores da TST de intervalo $22,1^{\circ}\text{C}$ - $23,0^{\circ}\text{C}$ possibilitando juntamente com alguns pontos da classe Pastagem/Solo Exposto a promoção dos menores valores da TST para a Área 1. Todavia constata-se que o processo de redução provavelmente contribuiu na minimização dos efeitos de frescor da superfície que a Cobertura

Vegetal tende a fornecer numa determinada área. Em 1985 esta mesma classe de uso e cobertura da terra é aquela responsável por indicar os valores $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$ e até mesmo os polígonos mais amenos registrados no intervalo $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$, principalmente nos bairros Formate e Alzira Ramos que justamente são aqueles que experimentam em 2013 as transformações de uso e cobertura em sua superfície. Este comportamento contribui no processo de planejamento das cidades com relação às novas áreas de expansão do urbano, tendo em vista que coopera no incentivo a arborização de bairros e ao cultivo e conservação dos espaços verdes que outrora eram encontrados.

A Malha Urbana exibiu valores que mesclam um gradiente que se inicia entre os $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$, consolida-se em $24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$ e exibe alguns polígonos cujo valor encontra-se no intervalo de $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$. As temperaturas mais baixas estão associadas aos locais que ainda em 2013 experimentam o processo de adensamento como o bairro Alzira Ramos. Já os bairros que são cortados e que estão à margem da ES-469 foram aqueles que exibiram um comportamento de maior valor em sua TST ($24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$ e $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$) o que induz a estrutura viária como uma das impulsionadoras da consolidação da Malha Urbana e consequentemente no subsidio aos registros mais quentes da TST.

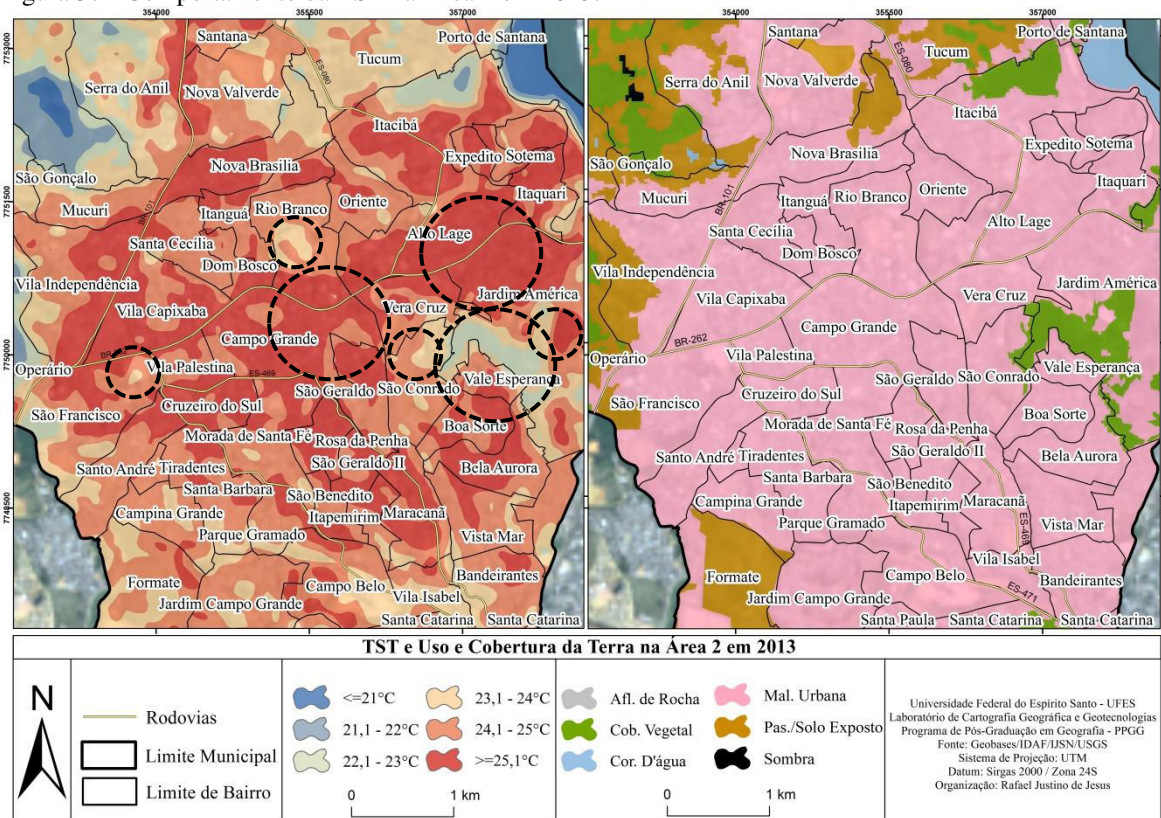
Além do aumento nos valores da temperatura observa-se que em 2013 a TST caminha para um processo de homogeneização em sua conduta, tanto é que em 1985 esta mesma área apresenta uma mesclagem na TST (com predomínio dos valores mais amenos) e em 2013 já mostra uma tendência à uniformização da TST correlacionados principalmente aos registros mais quentes. Talvez em anos correntes isso se mostre mais evidente em função da maior consolidação da Área 1.

A Área 2, de maior concentração urbana de Cariacica, que abrange os bairros inseridos na regional 4 e que são cortados pela BR-262 é exibida pela Figura 57. Nota-se a existência de um grande e contínuo polígono que representa o conjunto dos maiores valores da TST para o recorte, tratando-se de uma visão única e que chama a atenção do observador, pois a mancha poligonal da TST que marca o intervalo $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$ assinala com muita precisão o entorno principal das áreas efetivamente cortadas pela BR-262.

Logo e com maior veemência observa-se nesta posição a influência exercida pela estrutura viária na intensificação do assentamento da Malha Urbana, resultando desta relação à presença da classe que indica o valor mais elevado da TST ao longo de toda a BR-262 – num

sentido leste/oeste e que prolonga novos polígonos nas áreas de entroncamento com outras estruturas viárias, dado isso a indicação prismática de uma grande distensão poligonal do valor mais elevado da TST.

Figura 57 - Comportamento da TST na Área 2 em 2013.



Fonte - Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

Em 2013 a Área 2 é marcada majoritariamente pela Malha Urbana, seguidos por pequenos polígonos de Cobertura Vegetal. Este comportamento resulta na forma de como a TST fica aqui delimitada, sendo o intervalo de maior destaque aquele registrado entre $24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$ e principalmente os polígonos de valor $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$. Apesar disto são encontradas manchas térmicas que mensuram os valores de $22,1^{\circ}\text{C} - 23,0^{\circ}\text{C}$ relacionada com a classe Cobertura Vegetal. Também há aquelas do intervalo $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$ situadas preponderantemente nas margens dos polígonos de valor mais elevado, indicando possível mudança em anos correntes, tendo em vista a provável e contínua consolidação da Malha Urbana nas posições mais periféricas (Figura 58) e inseridas em regionais vizinhas como os bairros São Conrado, Alto Dona Augusta, Rio Branco, Santa Barbara e Parque Gramado.

Figura 58 – Vista do Bairro Alto Dona Augusta (em processo de consolidação) em segundo plano.



Fonte: Acervo pessoal do Autor. Maio/2016.

Conforme retrata a Figura 59, há na Área 2 (Regional 4) um interessante adensamento urbano, confirmado principalmente pela presença de uma das principais estruturas viárias do Estado do Espírito Santo que é a BR-262, pelo estabilizado centro comercial instalado no bairro Campo Grande, pelo novo empreendimento comercial como o *shopping* Moxuara no bairro São Francisco, a reforma e inauguração do estádio Kléber Andrade no bairro Rio Branco e a difusão dos novos condomínios fechados em diversas partes desta regional.

Figura 59 – Regional 4 de Cariacica em primeiro plano. Foto com Vista do bairro São Conrado.



Fonte: Acervo pessoal do Autor. Abril/2016.

Conforme já destacado a Malha Urbana apresenta os maiores valores ($24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$ e $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$) da TST para as porções dos bairros que são cortados pela BR-262 e as temperaturas mais amenas encontram-se nas áreas que estão em processo de consolidação, novos loteamentos e até mesmo áreas onde existe o processo de construção dos novos empreendimentos. Este comportamento é observado no polígono de registro $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$ localizado no bairro São Francisco, que pode estar associado ao momento da edificação do *shopping* Moxuara (Figura 60), e também no bairro Rio Branco em função do estádio Kléber Andrade. As temperaturas mais amenas também são encontradas nos bairros Vera Cruz²⁸, São Conrado e o Alto Dona Augusta²⁹ que atualmente experimentam a intensificação da Malha Urbana através dos agentes que fazem e refazem o espaço urbano.

Figura 60 – Fachada do *Shopping* Moxuara.



Fonte: Acervo pessoal do Autor. Maio/2016.

O próprio comportamento da TST para o ano de 2013 corrobora e exhibe as transformações na superfície de Cariacica para a Área 2. No ano de 1985 a TST mostrou-se bastante heterogênea tendo em vista a apresentação de vários intervalos, o que poderia indicar o grau de estabilidade da Malha Urbana. Já em 2013 a conduta da TST na Área 2 caminha para um

²⁸ <http://www.meulhadeveracruz.com.br/>

²⁹ <http://www.lorenge.com.br/bella-augusta-residence>

processo de uniformização em direção as temperaturas mais elevadas, assim como é evidenciado na capital Vitória (PAULA, 2015; CORREA; COELHO; VALE, 2015).

A classe Cobertura Vegetal é marcada pela presença de uma poligonal que se destoa do habitual comportamento existente na Área 2 de Cariacica. Trata-se de pequenas manchas que compõem parte do complexo industrial da ArcelorMittal (Figura 61) existente no bairro Jardim América e que por sua vez indicam valores entre 22,1°C até os 23,0°C – sendo, desta forma, o menor registro da TST marcado para a referida área em avaliação.

Figura 61 - Arborização presente nas proximidades do complexo industrial em Jardim América.



Fonte: Google Street View (Foto 1) e Acervo pessoal do Autor (Foto 2,3 e 4).

Similar ao encontrado na Área 1, a Cobertura Vegetal apresentou um registro da TST mais elevado do que aquele presenciado em 1985, conduta que pode estar relacionada aos processos de supressão e também das condições biofísicas de sua estrutura foliar. Todavia, ainda assim é a classe que indica os menores valores da TST para a Área 2 e deste modo é

vista como uma importante condicionante no conforto térmico urbano, conferindo com a ideia levantada por Gartland (2010), a qual relaciona a formação das Ilhas de Frescor de Superfície com a presença da Cobertura Vegetal, tendo em vista a funcionalidade das folhas quanto ao processo de absorção da radiação solar e o bloqueio de sua incidência direta na superfície.

Especificamente nas instalações industriais (Figura 62) a TST foi diferente daquela observada nas áreas com Cobertura Vegetal. Nesse ponto, houve um comportamento que evidenciou o maior valor de registro da TST ($\geq 25,1^{\circ}\text{C}$), formando uma Ilha de Calor de Superfície frente à área vizinha. Tal procedimento revela à mesma incidência encontrada nas áreas industriais do Município de Vitória, examinado principalmente por Holz; Lorena e Marchioro (2012) e Correa; Coelho e Vale (2015).

Figura 62 – Galpões do empreendimento industrial no bairro Jardim América.



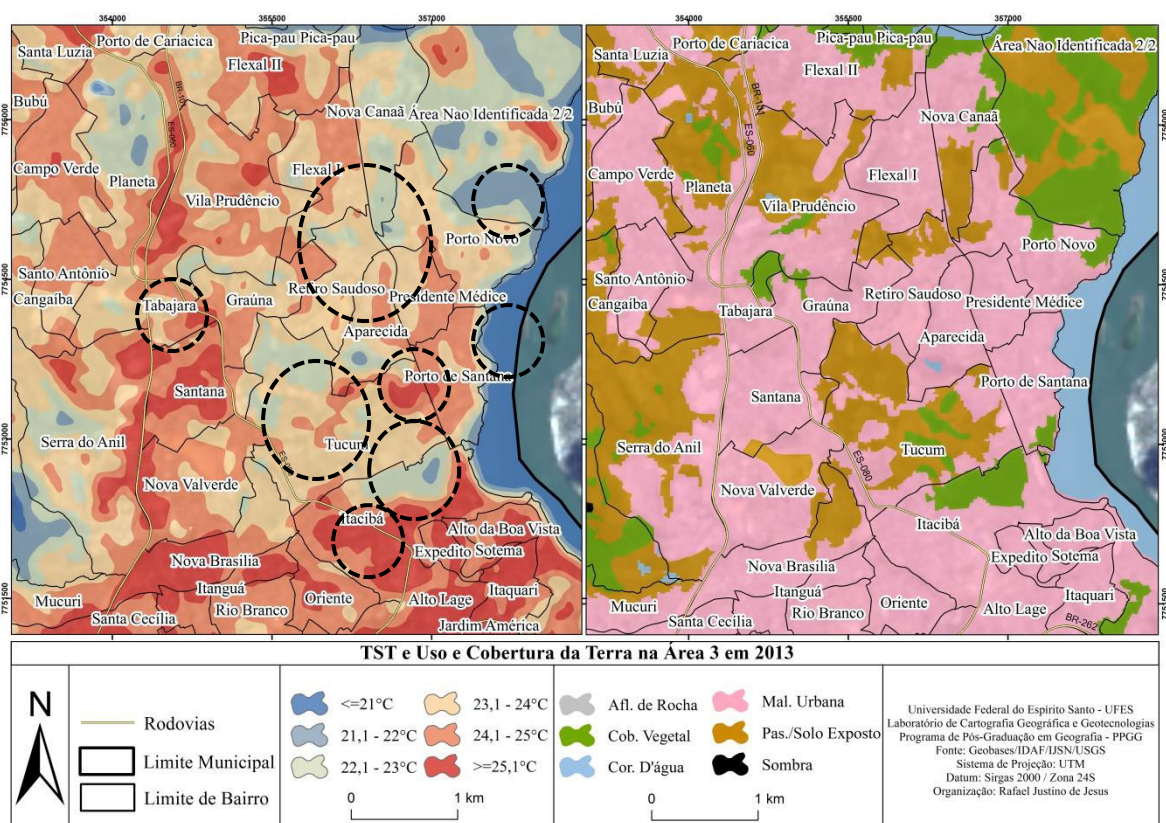
Fonte: *Google Street View*.

A Figura 63 apresenta as características da TST do espaço localizado na Área 3 que situa-se principalmente na posição leste da ES-080. É de total consonância a postura estritamente composta da TST que é ali presenciada, visto que são revelados todos os valores do intervalo. Tal comportamento reflete os padrões de uso e cobertura da terra encontrados naquela posição, que similar à TST, também é bastante heterogêneo.

A TST de menor intensidade concentra-se na porção onde está situado o Corpo D'Água que compõe parte da baía de Vitória, registrando valores iguais ou inferiores a $21,0^{\circ}\text{C}$. Nota-se que na medida em que se distancia desta classe para o interior da Malha Urbana presencia-se

a ocorrência de variações na TST que passa a exibir valores mais elevados chegando ao ápice ($\geq 25,1^{\circ}\text{C}$). A classe Corpo D'Água apresentou comportamento similar daquele observado em 1985, podendo concluir que em ambos os anos existiu uma alta correlação entre este uso e cobertura da terra e a presença dos intervalos da TST mais amenos sobre a superfície urbana de Cariacica.

Figura 63 - Comportamento da TST na Área 3 em 2013.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

Novamente a classe Cobertura Vegetal assentada dentro da Área 3 mostrou um comportamento diferente na TST se comparado com o ano 1985, principalmente no bairro Itacibá e Tucum - tendo em vista que elas passam a compor, durante a passagem do satélite, o intervalo da TST superior ao visto em ano anterior. Em 1985 tais polígonos constituíam-se nos valores $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$ e $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$, mas no ano de 2013 passam a ser encontrados nos intervalos de valor $22,1^{\circ}\text{C} - 23,0^{\circ}\text{C}$. A Cobertura Vegetal presente no bairro Porto Novo e na Área Não Identificada 2/2 manteve-se em maior parte com o mesmo padrão da TST ($21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$), fato que pode estar associado com o processo de conservação e conscientização da importância que o ecossistema manguezal possui para o ambiente.

A Malha Urbana representada pelos bairros cortados pela ES-080 começa a experimentar aumento da TST, principalmente em Itacibá e Tabajara (comportamento que também é observado nas margens da BR-101 entre os bairros Nova Brasília, Nova Valverde e Santana que registram na quase totalidade de seus limites territoriais o intervalo mais elevado da TST ($\geq 25,1^{\circ}\text{C}$)). Como exceção, o bairro Tucum ainda exhibe estrutura atrelada ao baixo nível de adensamento, pois mostra uma poligonal da TST de valor $22,1^{\circ}\text{C} - 23,0^{\circ}\text{C}$ e $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$ para os diferentes usos que compõe sua superfície como a Malha Urbana e a Pastagem/Solo Exposto. O mesmo comportamento é visto para a Malha Urbana demonstrada pelos bairros Aparecida, Retiro Saudoso, Porto Novo e Nova Canaã, que apesar de mostrar comportamento diferente na TST entre 1985 e 2013 ainda demonstra estrutura que se encontra em processo de consolidação da Malha Urbana, o que efetivamente foi observado na concentração da TST de intervalo $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$.

Assim como em 1985 nota-se entre os bairros Porto de Santana, Tucum e Aparecida a existência de uma significativa mancha da TST cujo valor engloba o intervalo dos $24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$ e um polígono de menor extensão que marca o valor $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$. Similar ao ano anterior, este resultado tende a estar atrelado a presença das grandes áreas capeadas do terminal intermodal, além dos blocos de rochas e *containers* lotados naquela superfície.

Já a Área 4 localizada na direção leste-nordeste é aquela que mostrou para o ano de 2013 os menores valores da TST em toda a área urbana do Município, onde se presencia o destaque das classes termais que variam entre $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$ e $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$, formando naquela posição uma verdadeira Ilha de Frescor de Superfície. Conforme mostra a Figura 64 trata-se da porção que exhibe um ambiente conservado e que é delineado por uma Cobertura Vegetal mais densa do ecossistema manguezal e pela porção hídrica de parte da baía de Vitória.

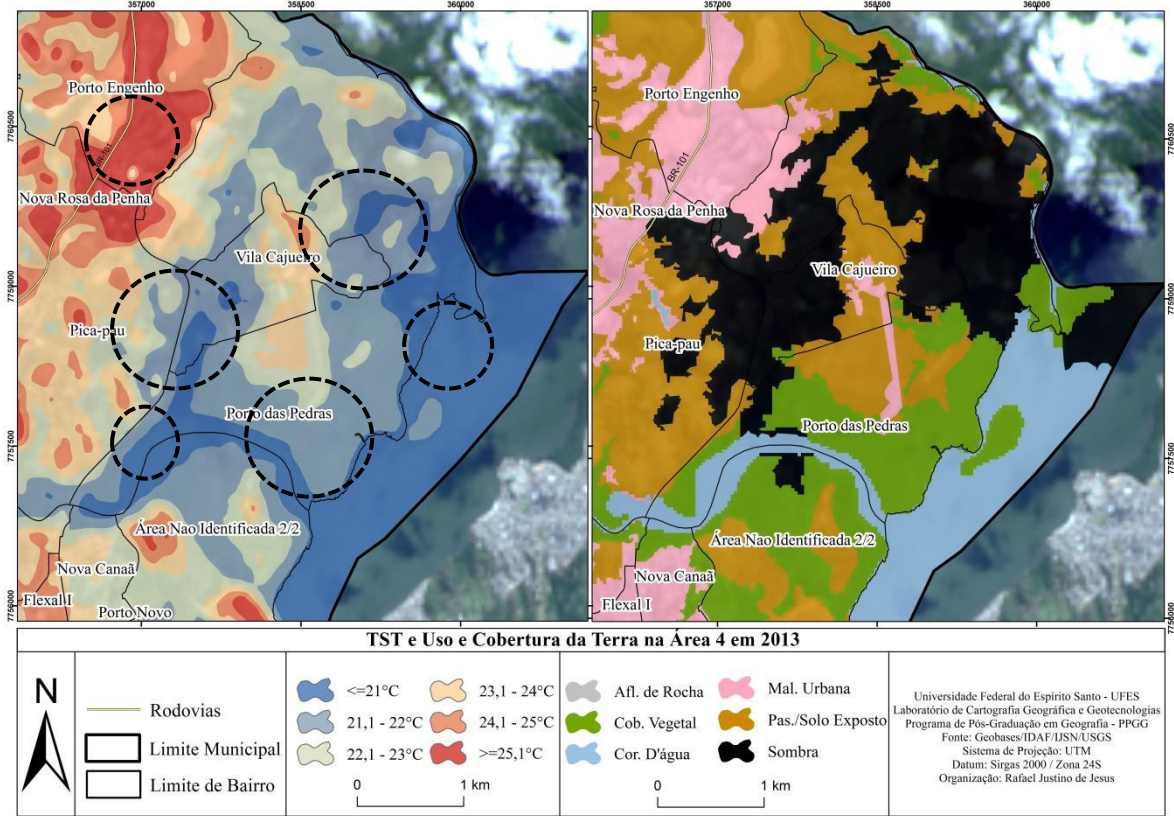
De acordo com a Figura 65 a presença dos referidos usos da terra influenciam diretamente no comportamento da TST que é ali encontrado. Para a Cobertura Vegetal são mensurados os valores que giram em torno dos $21,1^{\circ}\text{C}$ até os $22,0^{\circ}\text{C}$, validando a apreciável participação desta classe de uso e cobertura da terra como reguladora do clima urbano e como propiciadora de Ilhas de Frescor de Superfície dentro da área urbana (GARTLAND, 2010; YOUNG, 2005).

Figura 64 - Cobertura Vegetal (Mangue) nas proximidades dos bairros Porto Novo e Área Não Identificada 2/2.



Fonte: Acervo pessoal do Autor. Abril/2016.

Figura 65 - Comportamento da TST na Área 4 em 2013.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

Em 2013 a Cobertura Vegetal teve maior participação no intervalo termal de valor $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$, diferenciando-se daquele encontrado em 1985 que mostrou certo equilíbrio entre os dois intervalos termais mais amenos da TST ($\leq 21,0^{\circ}\text{C}$ e $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$).

Os Corpos D'água apresentaram os valores mais baixos da TST ($\leq 21,0^{\circ}\text{C}$), conduta que se relaciona com a característica espectral desta classe na faixa da REM correspondente ao infravermelho termal. Também por conta de sua emissividade que é muito aproximada do *corpo negro* e que resulta em níveis mais amenos na mensuração da TST (JENSEN, 2011; LORENZETTI, 2015).

Conforme discutido na fundamentação teórica e conceitual, o comportamento da TST tende a ser resultado das propriedades químico-físico dos usos que são estabelecidos no espaço geográfico além de uma condição de melhor estabilidade no estado da atmosfera tanto nos dias que antecedem a passagem do satélite quanto nos momentos mais próximos à varredura. Todavia, em 2013 a Área 4 é tomada de maneira significativa pela presença de Sombra – em função da presença de nuvens, que apesar de localizada no Município de Vitória, ocasiona a existência de um polígono de sombreamento sobre Cariacica.

Os sombreamentos provocados pela cobertura de nuvens promovem uma espécie de máscara sobre a superfície territorial (Figura 66) que por sua vez tende a responder numa TST que não é verdadeira, isto é, temperatura que é deturpada. Isso acontece porque as nuvens absorvem radiação infravermelha colaborando no bloqueio ou dificultando a incidência direta da radiação na superfície.

Em Cariacica este fenômeno tende a provocar uma amenização na TST de classes que em 2013 já exibem temperaturas mais elevadas como a Malha Urbana e a Pastagem/Solo Exposto, pois toda a área onde está concentrada a classe Sombra foi registrada com maior veemência os intervalos mais inferiores e amenos tais como $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$ e $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$. Este demonstrativo é muito interessante pois mostra a importância na finalidade e na busca refinada de imagens com o mínimo possível de nuvens (que também se relaciona com as condições atmosféricas observadas sazonalmente) tendo em vista que ela apresenta-se como um elemento que dificulta a utilização do SR no levantamento de informações e dados sobre uma determinada superfície.

Figura 66 – Exemplo de Sombreamento Causado pela Cobertura de Nuvens.



Fonte: Acervo Pessoal do Autor. Janeiro/2016.

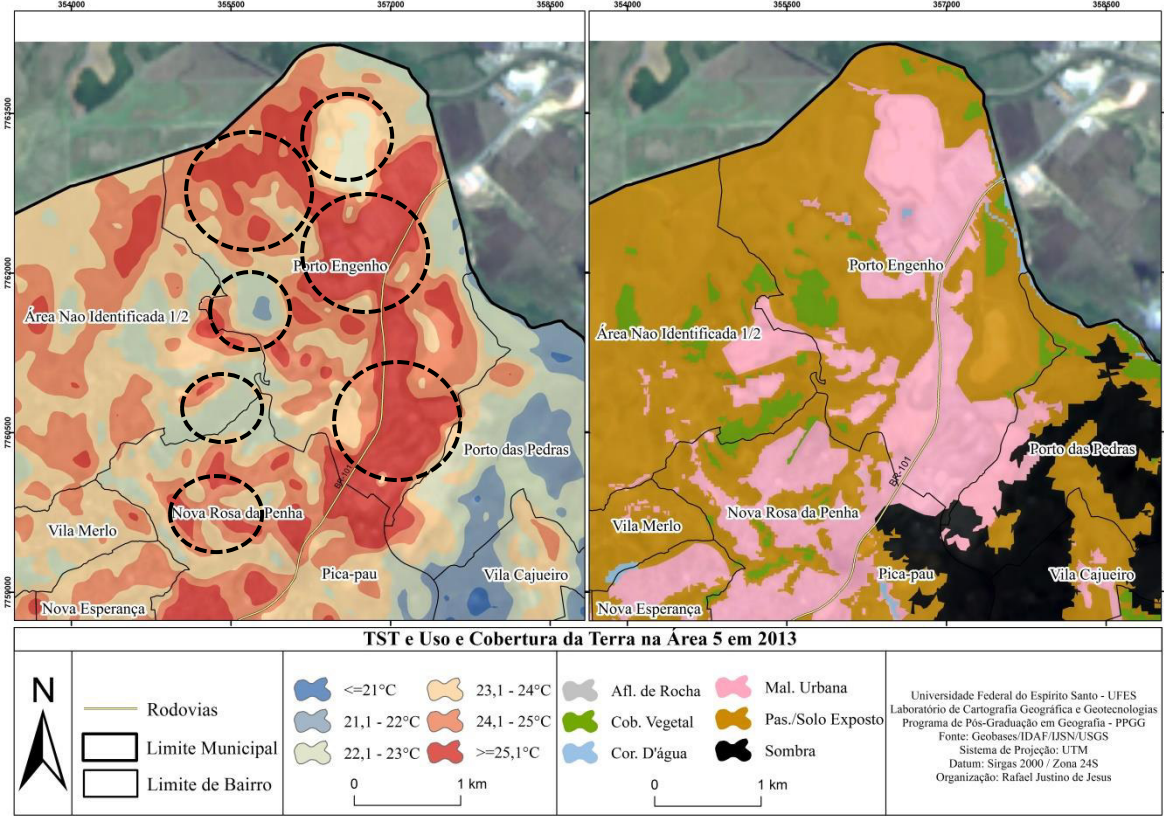
Foram também encontradas TST representativas dos intervalos $22,1^{\circ}\text{C} - 23,0^{\circ}\text{C}$; $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$ e $24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$ e também o expressivo polígono de elevada TST que relaciona-se a parte dos galpões dos terminais intermodais localizados a leste da BR-101. Todavia são diminutas frente à Ilha de Frescor de Superfície demarcada naquela posição em função da presença da Cobertura Vegetal, do Corpo D'água e do decorrente efeito de sombreamento provocado pela cobertura de nuvens.

Por fim, a última avaliação dentro da área urbana é a porção conhecida como Área 5 (Figura 67), que corresponde às instalações retroportuárias presentes nas imediações da BR-101 (rodovia do contorno). Conforme visto nas transformações do uso e cobertura da terra ela experimenta ao longo do tempo um intenso adensamento da Malha Urbana que se mostra numa conduta de caráter não residencial, constituída pelas instalações dos grandes terminais retroportuários de carga e descarga. Neste sentido, a BR-101 e a posição da Área 5 foram estratégicas para o aumento da dimensão da classe Malha Urbana e consequentemente no registro de TST mais elevadas.

Pode-se dizer que o espaço onde são encontrados os galpões e até mesmo os pátios capeados por materiais asfálticos e ligados ao concreto exibiram a marca igual superior a $25,1^{\circ}\text{C}$, formando um extenso polígono de coloração avermelhada num eixo norte-sul, que se inicia na

fronteira com Serra e termina no entroncamento da BR-101 com a ES-080, englobando também parte da Malha Urbana correspondente ao bairro Nova Rosa da Penha situado a oeste da BR-101 (Figura 68).

Figura 67 - Comportamento da TST Área 5 em 2013.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

Figura 68 – Terminais retroportuários Localizados a Margem da BR-101.



Fonte: Acervo pessoal do Autor. Abril/2016.

As porções do espaço onde são observadas as expansões das instalações industriais não acompanharam o mesmo movimento das áreas já consolidadas. Diferentemente, elas exibiram valores mais baixos da TST (22,1°C – 23,0°C; 23,1°C – 24,0°C e 24,1°C – 25,0°C).

Comparando com o ano de 1985 nota-se que a Área 5 foi uma das que apresentou as maiores transformações tanto no uso e cobertura da terra quanto na TST, pois em ano pretérito o comportamento era pouco consolidado registrando até temperaturas de valor mais inferior na escala dos intervalos ($\leq 21,0^{\circ}\text{C}$ e $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$), desempenhando atitude oposta em 2013, visto a estabilização, espraiamento da Malha Urbana e a mensuração das TST mais elevadas ($24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$ e $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$).

Em detrimento à consolidação da Malha Urbana nota-se uma significativa supressão na classe Cobertura Vegetal que diminui o porte no bairro Porto Engenho e nas imediações limítrofes do Município. Ela também mostra o mesmo desempenho dos polígonos de mesma classe identificados em outras áreas de Cariacica, apresentando o valor da TST em $22,1^{\circ}\text{C} - 23,0^{\circ}\text{C}$.

A classe Pastagem/Solo Exposto também apresenta TST mais elevada se comparada com 1985, tendo em vista a maior participação dos intervalos $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C} - 24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$ e alguns polígonos de registro $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$ e aqueles situados entre $22,1^{\circ}\text{C} - 23,0^{\circ}\text{C}$. Esta representação pode estar relacionada com alguns fatores como a presença do solo turfoso – que por sua vez pode ocasionar combustão espontânea e consequentemente aumentar a temperatura da sua superfície; Pela supressão do capeamento vegetal existente em anos pretéritos e o surgimento de solo exclusivamente exposto e também pela orientação das vertentes com tendência a maior incidência direta da radiação solar.

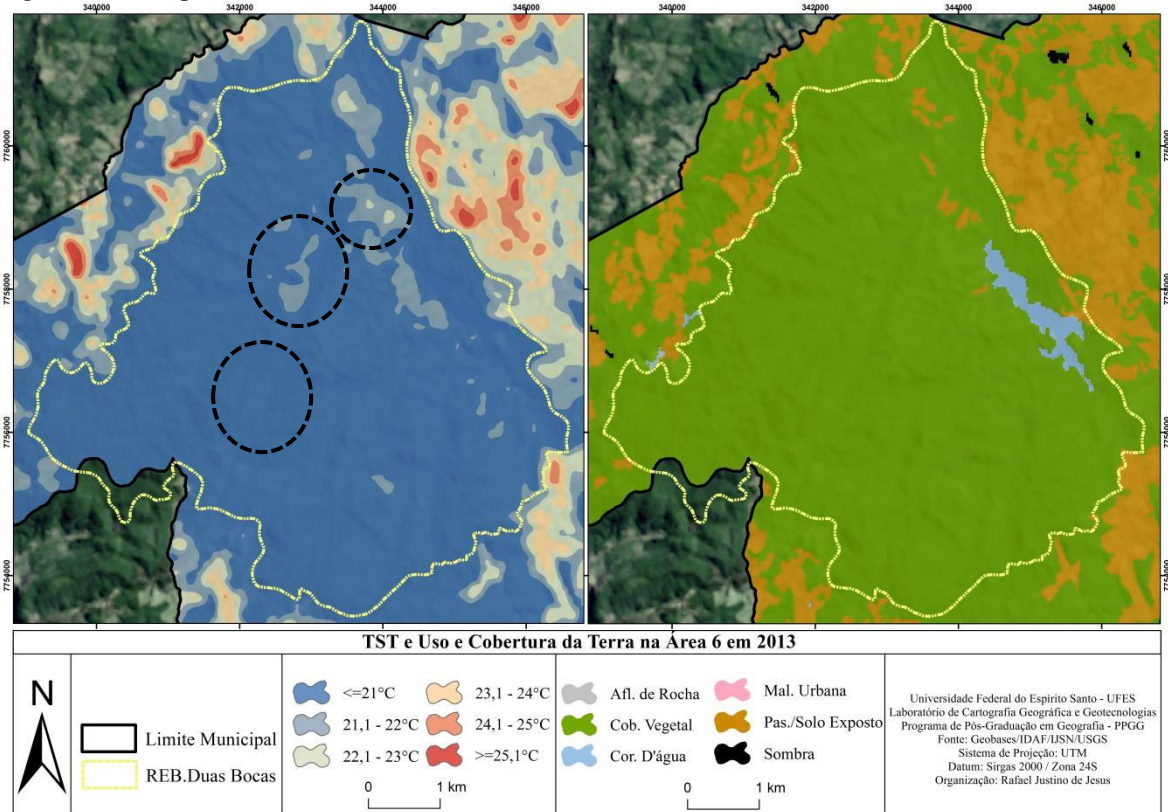
5.4.1 Comportamento da Temperatura da Superfície Terrestre para a porção rural de Cariacica no ano de 2013

De igual forma a 1985, a avaliação do comportamento da TST para a porção rural de Cariacica em 2013 é feita a partir dos direcionamentos pontuais como a delimitação da REBIO Duas Bocas (Área 6) e a posição extremo oeste (Área 7) e leste Municipal – na divisa com Santa Leopoldina e Domingos Martins (Área 8).

A Figura 69 exhibe a conduta da TST para a Área 6 – localizada na delimitação oficial da REBIO em onde já é possível notar as variações frente às transformações ocorridas entre os anos. Diferente do que é observado em 1985 a reserva passa a não apresentar as Ilhas de Calor de Superfície, mas sim um extenso polígono quase que por completo da TST com registro mais suave ($\leq 21,0^{\circ}\text{C}$), lotados essencialmente entre o Corpo D'água e Cobertura Vegetal. Conjuntamente observa-se a presença da TST entre $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$ e pequenos polígonos de

22,1°C - 23,0°C localizadas principalmente na área de proximidade da represa e que conforme Nunes (2004) tratando-se do local que mais experimentou ação humana em função do desflorestamento e cultivo agrícola, mas que atualmente passa por um processo de reflorestamento adaptado por uma Cobertura Vegetal do tipo secundária, que está atrelado a transformação da área em reserva biológica.

Figura 69 – Comportamento da TST na Área 6 em 2013.

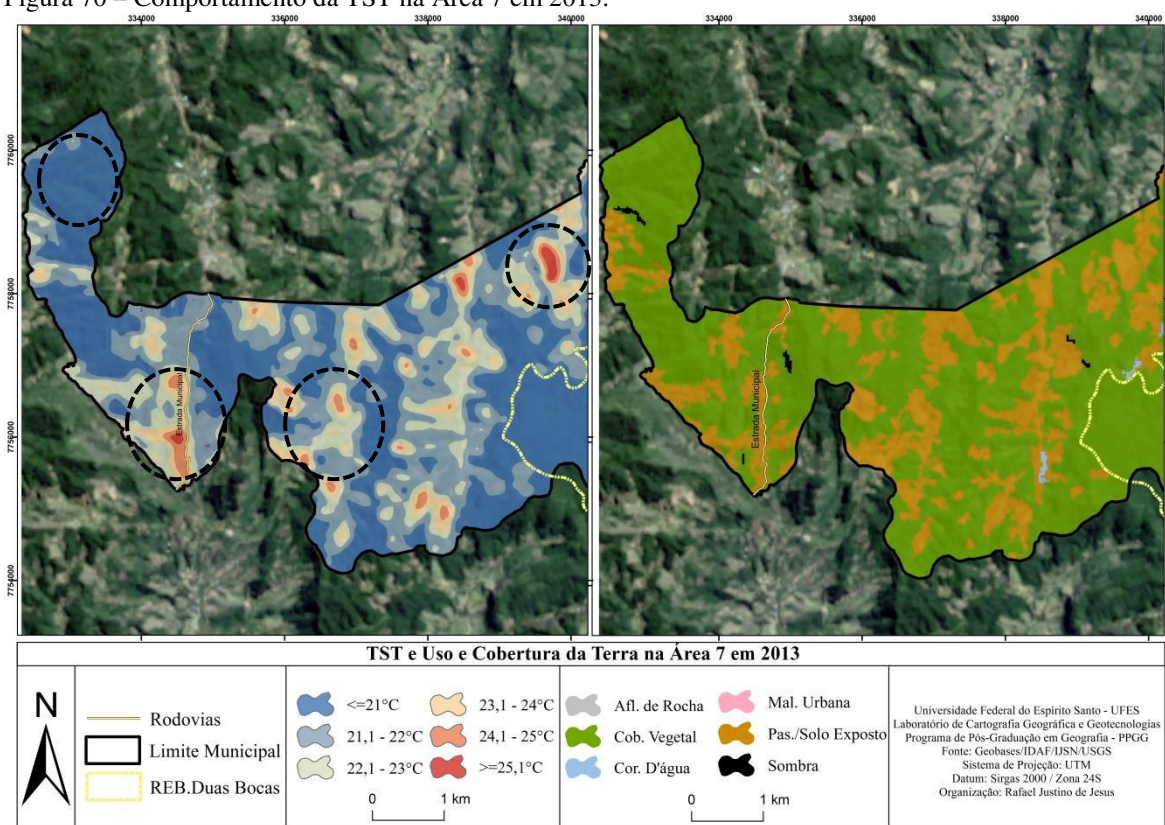


Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

Neste sentido e apesar de serem representadas pela mesma classe de uso e cobertura da terra as características biofísicas da Cobertura Vegetal – que influencia diretamente em sua resposta espectral, aliado ao processo de reflorestamento podem estar relacionados com o comportamento desigual TST (intervalos diferentes) existente entre a área da represa e o restante da REBIO, pois de acordo com Ponzoni (2002), “O comportamento espectral de uma folha é função de sua composição, morfologia e estrutura interna. Desde que as características da folha são geneticamente controladas, existirão, portanto diferenças no comportamento espectral entre grupos geneticamente distintos” (PONZONI, 2002:9).

Já a Figura 70 apresenta o desempenho da TST para a Área 7 - porção de área mais interiorana de Cariacica, especificamente em seu limite extremo oeste. De maneira geral o comportamento da TST valida o mapeamento de uso e cobertura, pois nele verifica-se o avanço no processo de influencia do homem através da intensificação da abertura de estradas com consequente supressão da Cobertura Vegetal e a ampliação da classe Pastagem/Solo Exposto. Ela demonstra que é exatamente nos sulcos formados pelos fundos de vale (onde estão instaladas as estradas municipais) e nas proximidades dos córregos Boqueirão, Pau Amarelo e Cachoeirinha, que são encontradas as TST de registro mais elevado com também formação das chamadas Ilhas de Calor de Superfície.

Figura 70 – Comportamento da TST na Área 7 em 2013.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

A classe Pastagem/Solo Exposto apresentou grande variação da TST neste local. Isso está relacionado com o grau de exposição de tal classe na superfície. As áreas de menor registro na temperatura ($22,1^{\circ}\text{C} - 23,0^{\circ}\text{C}$) podem estar associadas à pastagem com significativo capeamento de vegetação, já o restante pode estar associado ao progresso na retirada do capeamento vegetal e a exposição de solo puramente exposto, apresentando oscilação na TST

entre 23,1°C – 24,0°C; 24,1°C – 25,0°C e o estabelecimento dos polígonos que apresentam TST igual ou acima dos 25,1°C, lotadas principalmente nos limites da estrada municipal e nas bordas da REBIO Duas Bocas.

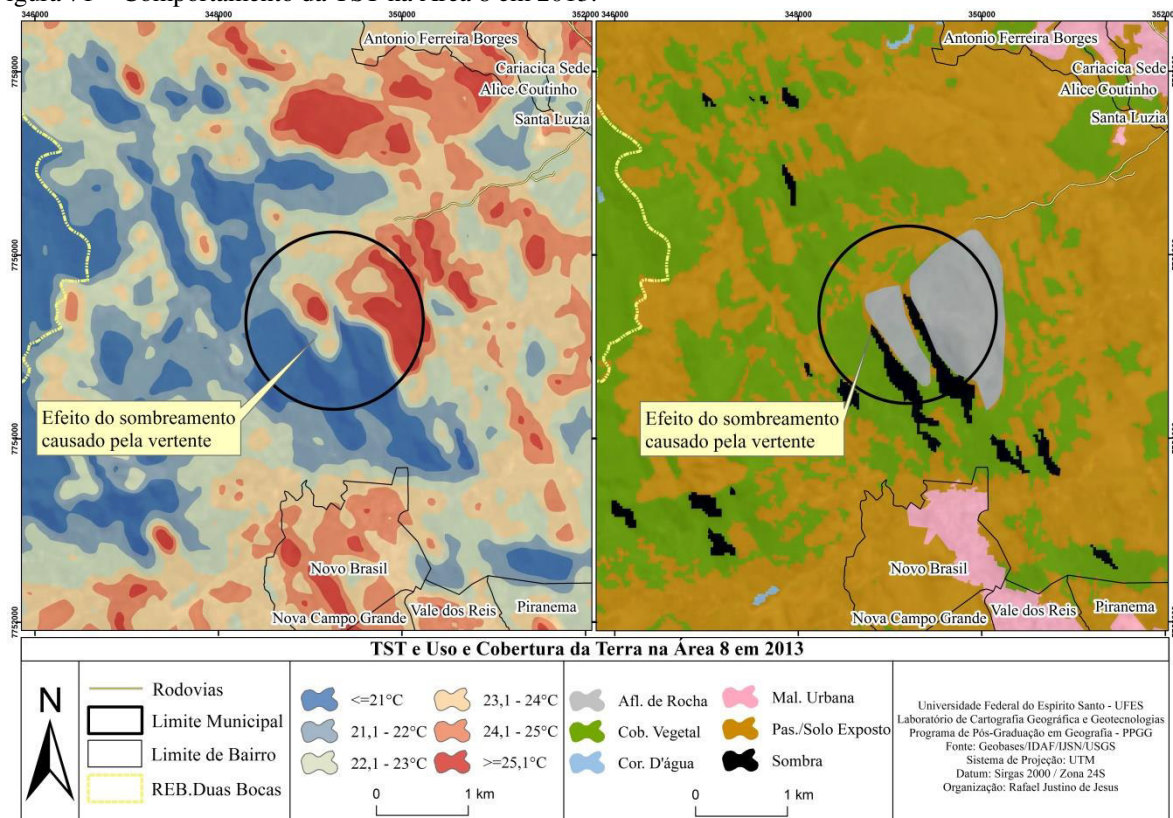
A TST mais baixa nesta área ($\leq 21,0^{\circ}\text{C}$) está relacionada com a classe Cobertura Vegetal, que conforme comentado foi significativamente suprimida em função da abertura de estradas. Neste contexto o principal fator que manteve alguns polígonos desta classe de uso e cobertura é a topografia. Verifica-se que a área na qual são encontrados os polígonos de Cobertura Vegetal e consequentemente as TST mais baixas estão localizadas sobre as superfícies consideradas elevadas e bastante íngremes. Neste sentido nas áreas mais elevadas (classe Cobertura Vegetal) a TST é mais baixa e nos fundos de vale (Classe Pastagem/Solo Exposto) registram-se TST elevadas. É a influencia do sítio na conduta da TST.

A última área a ser avaliada é a porção Leste da REBIO (Área 8) que no ano de 2013 é contemplada pelas classes Cobertura Vegetal, Corpo D'água, Pastagem/Solo Exposto e pelas Sombras (Figura 71).

A Cobertura Vegetal apresentou uma TST que vigorou entre $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$, 21,1°C – 22,0°C, principalmente nos locais com predomínio de Cobertura Vegetal primária. Já as áreas com TST entre 22,1°C – 23,0°C podem estar associadas com Cobertura Vegetal reflorestada ou monocultura e cultivo agrícola. A Pastagem/Solo Exposto foi aquela que mostrou grande variação em sua TST; Nota-se que as temperaturas mais baixas (22,1°C – 23,0°C) estão concentradas nos arredores da Classe Cobertura Vegetal, neste sentido podem ser áreas de Pastagem - com algum capeamento vegetal. A grande extensão da classe é marcada por TST entre 23,1°C - 24,0°C e as porções mais quentes podem estar correlacionadas às faces da maior abrangência de iluminação e energia solar e também pela presença do solo estritamente exposto com registro entre 24,1°C – 25,0°C e $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$.

O efeito da morfologia do terreno é similar ao encontrado no ano de 1985. A Figura 71 mostra que na face frontal há um misto de Pastagem/Solo Exposto que compõe uma TST $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$, já a face sul a TST é composta por polígonos representativos dos 21,0°C - 22,0°C e também aqueles situados abaixo ou de igual valor a 21,0°C. Esta face além de ser influenciada pelo sombreamento causado pela morfologia também é assistida pela classe Cobertura Vegetal o que indica os valores encontrados em sua superfície. É novamente a influencia da topografia na diferenciação de TST para uma mesma superfície.

Figura 71 – Comportamento da TST na Área 8 em 2013.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

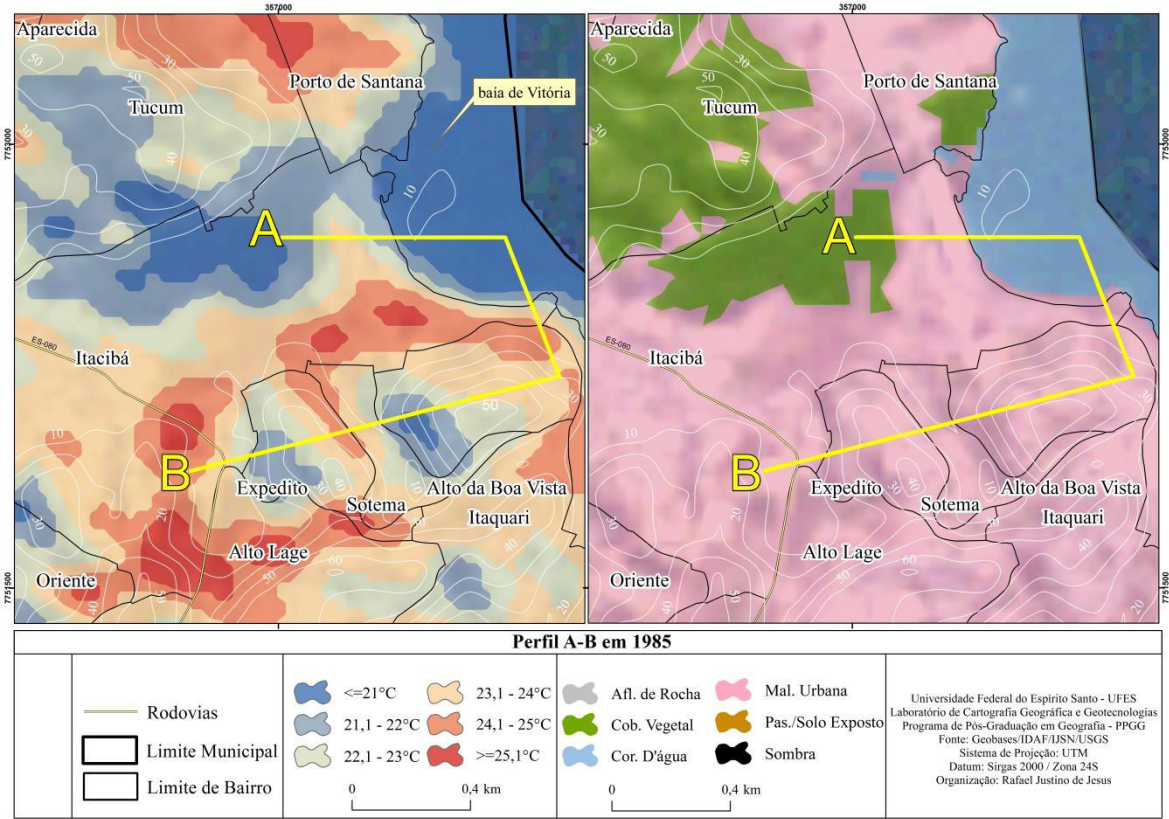
5.5 Traçados dos perfis da Temperatura da Superfície Terrestre com relação ao Uso e Cobertura da Terra e a topografia em 1985

O fator topográfico tem grande importância, pois ele tende a provocar um efeito que se refere à exposição das vertentes ao azimute solar. Desta forma a orientação e à posição topográfica da superfície aliado a perspectiva da inclinação das vertentes tende a articular diferenciações através do sombreamento causado pelas encostas, podendo suscitar distintos valores na TST para uma área que possa apresentar o mesmo uso e cobertura da terra (FIALHO, 2009; NASCIMENTO; 2011; CORREA; COELHO, 2013).

Neste sentido as Figuras 72 e 73 objetivam-se evidenciar, numa escala mais minuciosa, o comportamento e variação da TST a partir de um traçado de Perfil “A-B” com sentido oeste-leste, leste-sudeste e sudeste-oeste que apresenta 2,5 km de extensão e abarca diferentes usos e coberturas da terra, a saber: Cobertura Vegetal, Corpo D’água e Malha Urbana. O Perfil “A-B” engloba a condução da TST presente nas regiões 3 e 5 de Cariacica, especificamente para os bairros Itacibá, Alto Boa Vista, Sotema e Expedito. A amplitude térmica de superfície

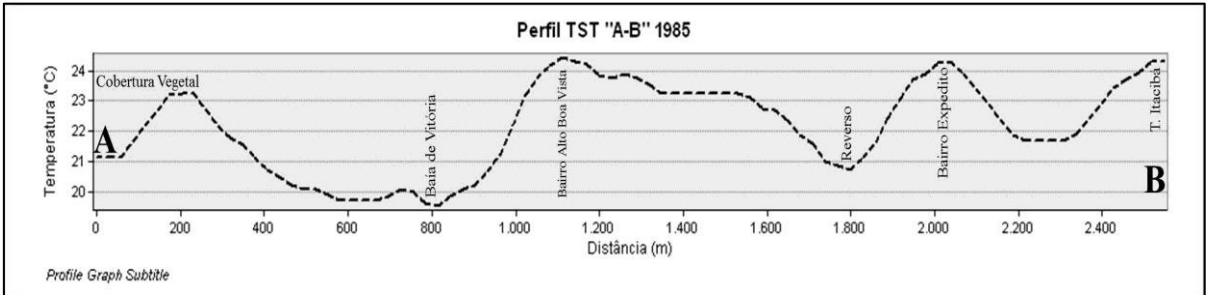
marcada no Perfil “A-B” durante a passagem do satélite *Landsat-5* foi de 4,9°C, com menor valor de 19,5°C ($\leq 21,0^\circ\text{C}$) e TST mais elevada com registro de 24,4°C (24,1°C – 25,0°C).

Figura 72 - Traçado Perfil “A-B” em 1985 com objetivo de Registrar TST com base nos Usos e Coberturas e nos níveis altimétricos.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

Figura 73 - Perfil “A-B” da TST ($^\circ\text{C}$) da Imagem Termal *Landsat-5*, em 27/06/1985 registrando variações conforme Usos e Coberturas da Terra.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

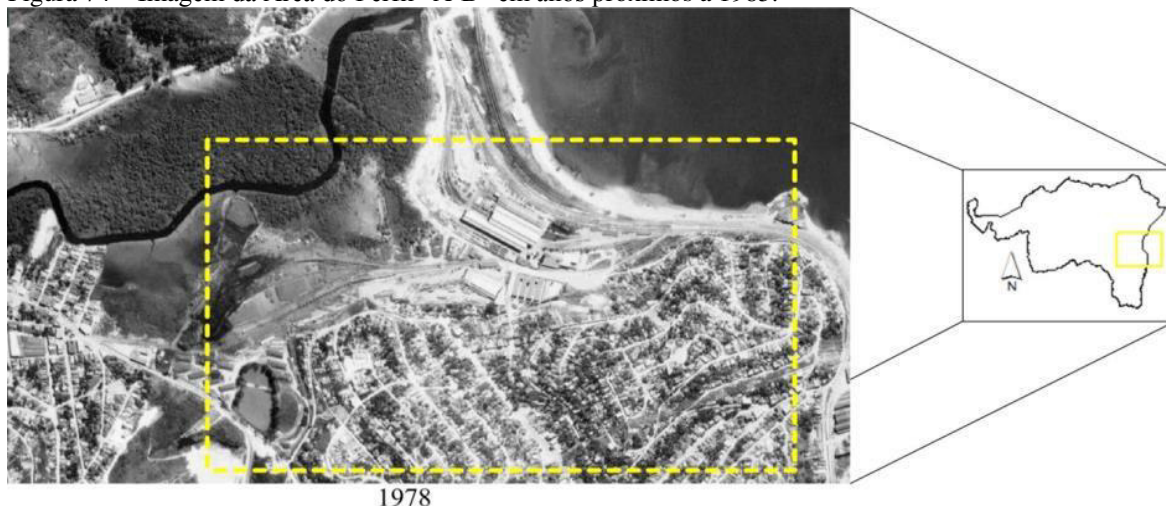
O Perfil “A-B” do ano de 1985 inicia-se em “A” e é contemplado pela classe Cobertura Vegetal que exibe uma TST de 21,1°C e que dentro da classificação utilizada no estudo é categorizada como uma das mais apazíveis e de baixo valor. Neste sentido esta classe novamente contribui na amenização da TST que de igual forma é contemplado em outros

setores de Cariacica, ademais ela promove a formação de Ilhas de Frescor de Superfície para a área de delimitação do Perfil “A-B”.

Ao longo do afastamento desta classe e início da Malha Urbana há o aumento na linha de temperatura (Figura 73) que atinge o primeiro pico na TST de valor ($23,2^{\circ}\text{C}$) inserido no intervalo $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$ - exatamente na área onde está assentado o terminal Intermodal da TORA no Espírito Santo. As Figuras 72 e 73 ainda revelam que a TST englobada no perfil não é aquela de maior valor dentro do limite intermodal, pois conforme se constata esta área ainda não estava de toda consolidada, tendo em vista que apresenta as primeiras extensões e ampliações do terminal, diferente do que é observado em seu limite mais meridional, que já marca em 1985 a presença de Ilhas de Calor de Superfície.

Após o surgimento do primeiro pico do Perfil “A-B” nota-se um decréscimo gradual na TST na direção oeste para leste limitando-se na porção correspondente à baía de Vitória. Esta classe de uso e cobertura (Corpo D’água) registra o maior pico reverso de TST em todo o perfil cuja temperatura marca o valor de $19,5^{\circ}\text{C}$ (intervalo $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$). Nota-se que a mesma classe de uso e cobertura da terra apresenta variações em sua temperatura, principalmente na porção mais rasa (leste) da baía. Conforme ilustra a Figura 74 tal episódio pode estar associado à presença das chamadas plumas de sedimentação das zonas costeiras.

Figura 74 – Imagem da Área do Perfil “A-B” em anos próximos a 1985.



Fonte: Elaborado pelo Autor com Informações do Hiparc.

É no bairro Alto Boa Vista que se registra o aumento gradual da TST (intervalo $24,1 - 25,0^{\circ}\text{C}$), principalmente na cota de 10 metros (próximo a baía de Vitória), mas a maior parte da porção frontal do bairro apresenta TST situada no intervalo $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$. No reverso

são encontrados os três grupos de TST mais amenos ($\leq 21,0^{\circ}\text{C}$; $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$ e $22,1^{\circ}\text{C} - 23,0^{\circ}\text{C}$). Tais diferenciações podem estar associadas às nuances na topografia, no reverso do bairro (cotas de 40, 30 e 20 metros) que registram as TST mais baixas.

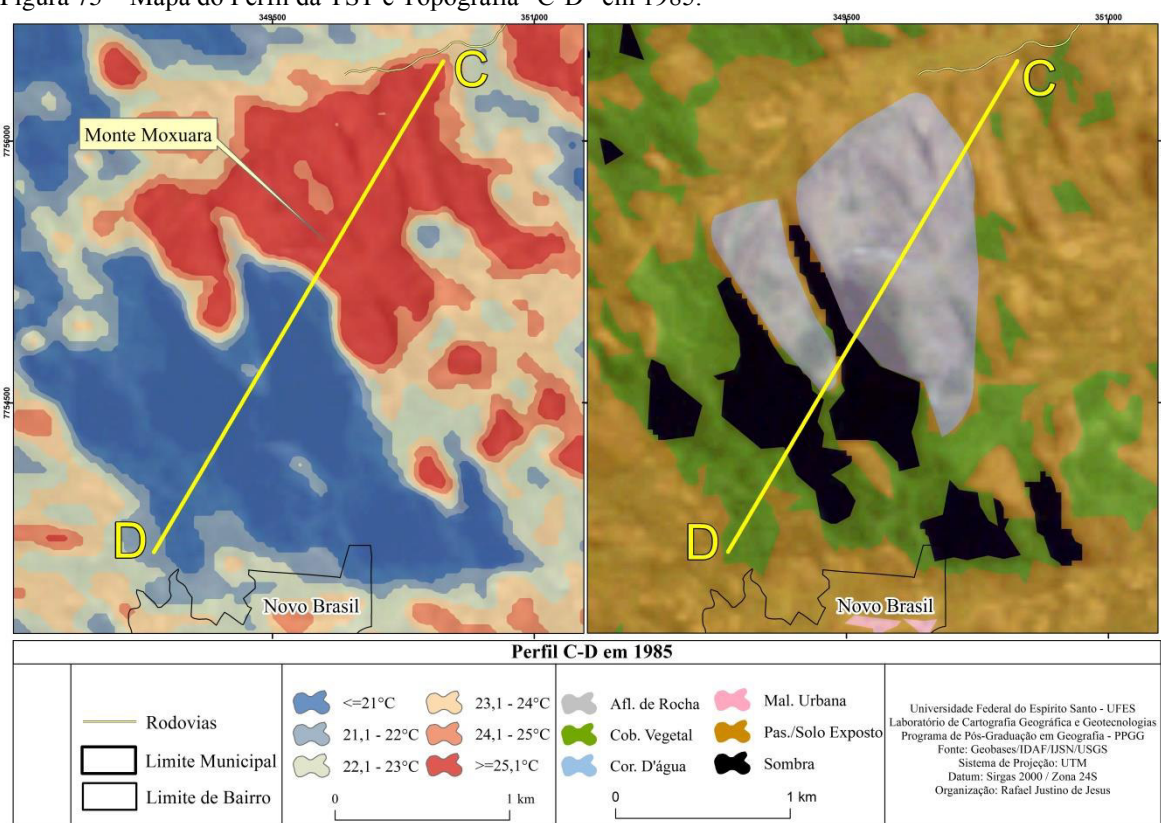
O ponto “B” está sobre o terreno do Terminal Rodoviário de Itacibá e apresenta uma TST de $24,2^{\circ}\text{C}$ (intervalo $24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$). Como já presenciado este local não é aquele que evidencia o maior registro na TST, que pode estar associado a não consolidação da estrutura urbana.

Já as Figuras 75 e 76 objetivam-se em apresentar o Perfil da TST e Topografia “C-D” em 1985, tendo como recorte o Monte Moxuara, fisionomia muito importante para o Município de Cariacica e que exibe para um mesmo uso e cobertura algumas diferenças nos valores da TST. Do cume do monte até o ponto C é a área correspondente da vertente que durante o horário da passagem do satélite apresentou maior exposição à luminosidade solar e consequentemente recebeu maior radiação, ela foi denominada de área frontal. Do cume até o ponto D foi aquela que apresentou características contrárias, ou seja, recebeu menor luminosidade solar em função do sombreamento causado pelo Afloramento de Rocha, ficando conhecido como área de reverso.

Entre “C e D” existe uma amplitude térmica de superfície de $14,5^{\circ}\text{C}$ – o que mostra a intensidade do fator topográfico nas diferenciações da TST, indicando dois extremos. A parte frontal da vertente foi aquela que apresentou as temperaturas mais elevadas, sobressaindo o valor $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$ (registro de TST mais elevada: $31,3^{\circ}\text{C}$). No início do Perfil (em “C”) verifica-se uma TST de intervalo $24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$ e está relacionada à classe Pastagem/Solo Exposto que se localiza no sopé do Moxuara. A TST mais elevada em “C” está associada classe Afloramento de Rocha que neste caso assemelha-se ao comportamento com alguns pontos da classe Malha Urbana.

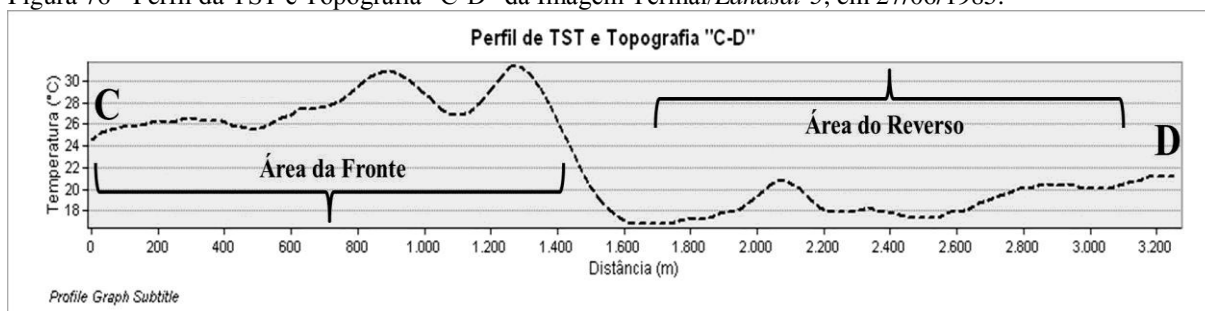
O reverso da vertente exibiu temperaturas mais baixas com destaque para o intervalo $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$ (registro de TST mais ameno: $16,8^{\circ}\text{C}$). Este comportamento está associado à formação de sombras provocadas pelo próprio monte Moxuara (classe Afloramento de Rocha) durante o período da manhã. Além disto, esta área é contemplada pela classe Cobertura Vegetal sendo dotada de remanescentes de floresta primária e alguns cultivos de banana e café no sopé do reverso que também contribuíram nos valores mais amenos atribuídos à TST para o perfil “C-D”.

Figura 75 – Mapa do Perfil da TST e Topografia “C-D” em 1985.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

Figura 76 - Perfil da TST e Topografia “C-D” da Imagem Termal/Landsat-5, em 27/06/1985.



Fonte: Organizado pelo autor. Janeiro/2016.

5.6 Traçados dos perfis da Temperatura da Superfície Terrestre com relação ao Uso e Cobertura da Terra e a topografia em 2013

As Figuras 77 e 78 objetivam-se evidenciar, numa escala mais minuciosa, o comportamento e variação da TST para o ano de 2013 a partir de um traçado de Perfil “A-B” com sentido oeste-leste, leste-sudeste e sudeste-oeste que apresenta 2,5 km de extensão e abarca diferentes usos e coberturas da terra, a saber: Cobertura Vegetal, Corpo D’água e Malha Urbana.

Em 2013 a amplitude térmica de superfície marcada no Perfil “A-B” durante a passagem do satélite *Landsat-8* foi de 5,5°C, com menor valor de 20,1°C (situada no intervalo $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$) e TST mais elevada com registro de 25,6°C (situada no intervalo $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$). O Perfil inicia-se no ponto A (Figura 77) que apresenta uma TST de 21,8°C (intervalo 21,1°C – 22,0°C) e que se localiza numa área composta pela classe Cobertura Vegetal.

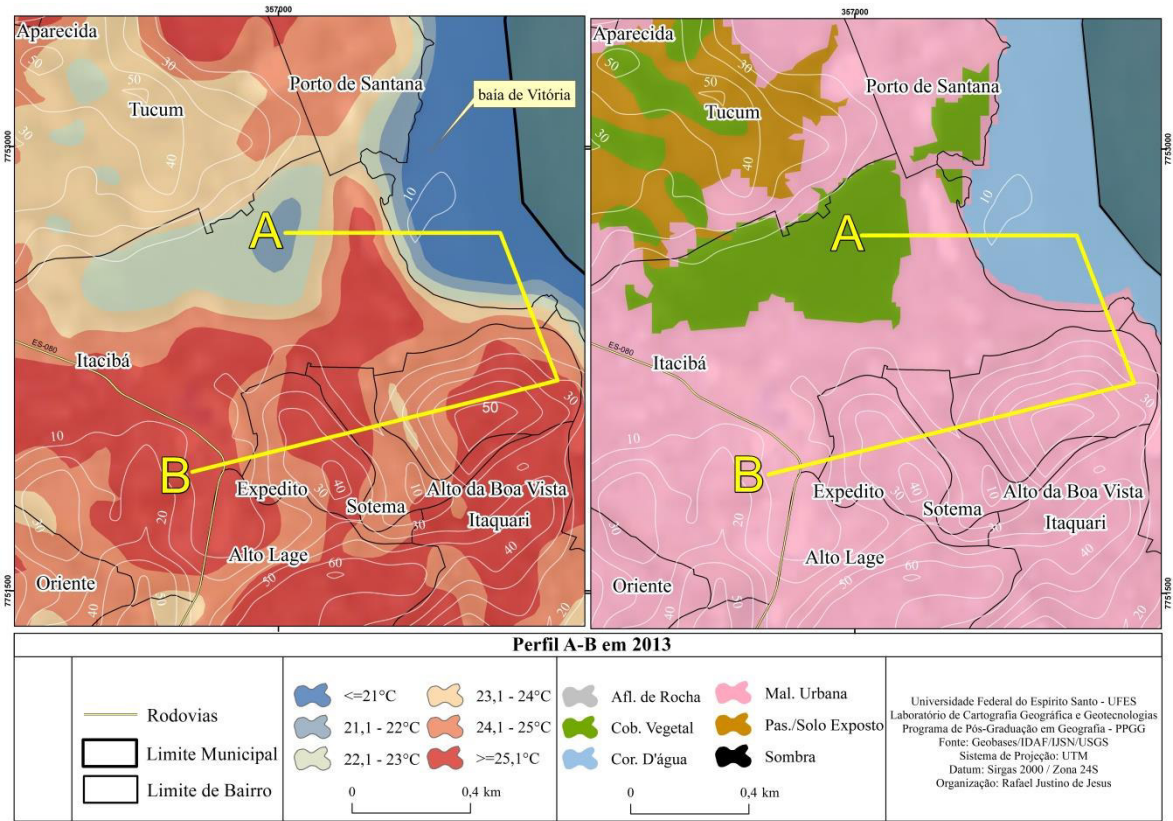
Nota-se que ao longo do afastamento do ponto (A) há a ocorrência do crescimento da linha de temperatura (Figura 78) que chega ao seu primeiro pico com TST de 25,6°C (intervalo $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$). Esta TST está associada à classe de uso Malha Urbana que apresenta para aquela área a instalação do Terminal Intermodal da TORA no Espírito Santo. Similar ao encontrado no Norte de Cariacica, esta área é lotada por grandes extensões de terra capeadas³⁰ por materiais impermeáveis como o asfalto e concreto, além da presença da linha férrea que contribui ainda mais no comportamento da TST em função da emissividade dos materiais que a compõem. Ademais a mesma área é lotada por grandes galpões de armazenamento³¹ e estocagem de produtos (Figura 79), podendo ter sua origem fabril ligada aos materiais metálicos e revestida com chapas de aço zincado.

Logo após o pico de elevada TST acontece o movimento reverso, isto é, passagem pela área de menor registro da TST dentro do Perfil “A-B”. Neste local a temperatura mais amena é identificada pelo valor de 20,1°C ($\leq 21,0^{\circ}\text{C}$) e está associada à classe de uso e cobertura Corpo D’água, remetendo-se a parte da baía de Vitória localizada em território cariaciquense. Como já discutido, este comportamento é pautado na característica biofísica do Corpo D’água, pois de acordo com que comenta Collischonn (2005) ela assinala como principal conduta o lento aquecimento durante o dia que é dado em função de sua expressiva inércia térmica. Além disso, o processo natural de evaporação que é realizado nas proximidades da classe tende a acentuar o caráter mais frio, corroborando no registro de menores TST.

³⁰ 40.000m² de área total. Fonte: <http://www.tora.com.br/pagina/17/terminais.aspx>

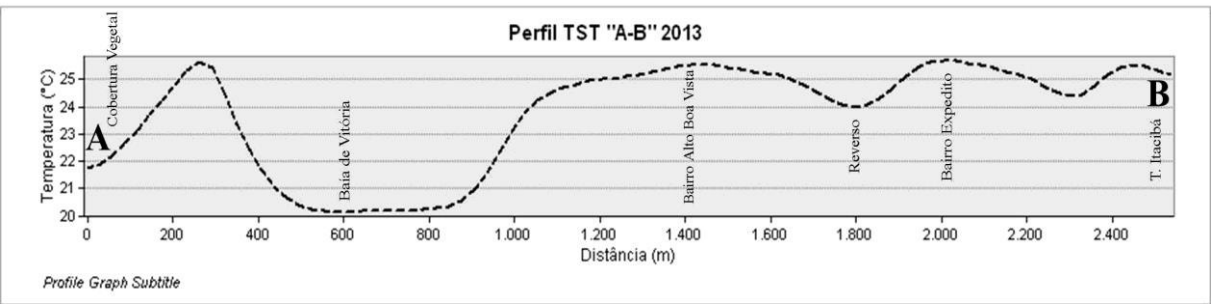
³¹ 13.000m² de área coberta. Fonte: <http://www.tora.com.br/pagina/17/terminais.aspx>

Figura 77 - Traçado Perfil “A–B” em 2013 com objetivo de registrar TST com base nos Usos e Coberturas e nos níveis altimétricos.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

Figura 78 - Perfil “A-B” da TST ($^{\circ}\text{C}$) da Imagem Termal *Landsat-8*, em 27/08/2013 registrando variações conforme Usos e Coberturas da Terra.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

Figura 79 – Galpões de armazenamento do terminal intermodal da TORA no Espírito Santo.



Fonte: *Google Street View*.

Certa linearidade na TST passa a ser observada nas proximidades e propriamente no bairro Alto Boa Vista. Esta área está relacionada com a classe Malha Urbana, tratando-se de um bairro que demarca para o ano de 2013 uma característica de média-alta densidade de ocupação residencial. Como a própria toponímia do bairro sugere ele encontra-se numa área de topografia mais elevada e consequentemente o procedimento relacional entre a posição do terreno com a trajetória do sol e a inclinação da vertente incidem algumas diferenças sobre a TST para a mesma rugosidade.

Verifica-se a presença de elevada TST entre o limite da baía de Vitória até a cota altimétrica de 50 metros ($\geq 25,1^{\circ}\text{C}$), mas no instante em que o perfil caminha para cotas inferiores ocorre uma queda no intervalo da TST, até que na cota de 20 metros, exatamente no reverso do local, chega-se a uma TST de $23,9^{\circ}\text{C}$ (situado no intervalo $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$). Tal comportamento é interessante, pois o bairro apresenta uma rugosidade muito uniforme, indicando a provável influência do fator topográfico na conduta que foi apresentada pela TST.

O bairro Expedito também apresenta um pico de TST de $25,6^{\circ}\text{C}$ ($\geq 25,1^{\circ}\text{C}$) que surge logo após a queda gradual da TST observada no bairro Alto Boa Vista. Esta temperatura está associada à classe Malha Urbana principalmente pela rugosidade formada por residências e é aquela TST com maior registro em todo o Perfil “A-B”.

Em “B” - ponto final do Perfil, a TST registra o valor de 25,1°C encontrando-se dentro do intervalo mais elevado proposto no trabalho ($\geq 25,1^{\circ}\text{C}$). Esta conduta está novamente atrelada à classe Malha Urbana lotada no bairro Itacibá e concentra-se sobre o Terminal Rodoviário de Itacibá (Figura 80) do sistema Transcol. Tal superfície é composta basicamente por concreto armado e revestido por telhas de fibrocimento e amianto, além disto, concentra um número elevado de veículos de grande porte em seu domínio e situa-se numa área de alta circulação de veículos (Rodovia José Sete).

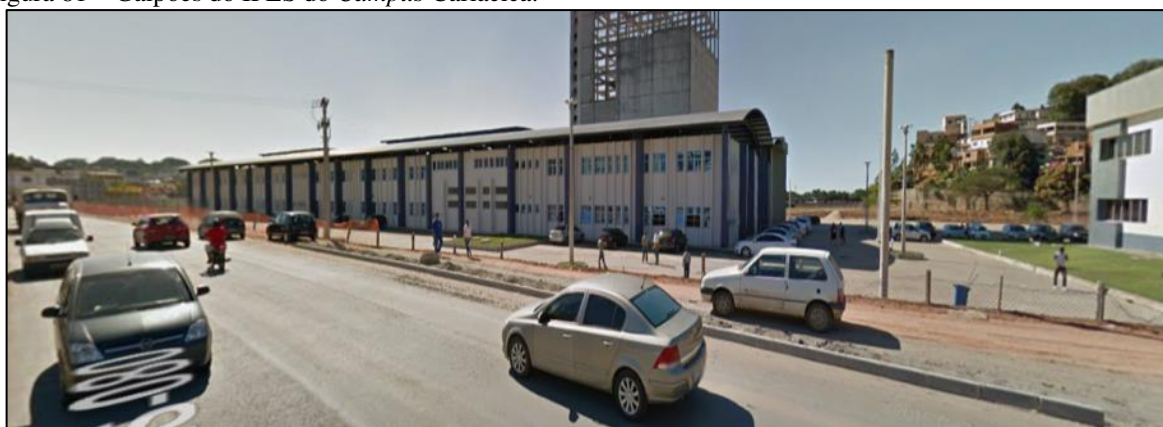
Figura 80 – Terminal Rodoviário de Itacibá



Fonte: Google Street View.

Nas proximidades encontram-se outros dois grandes equipamentos que é o supermercado Casagrande e o Instituto Federal do Espírito Santo – IFES, *campus* Cariacica (Figura 81), ambos revestidos por telhas metálicas ligadas ao Zinco, formando nesta área uma grande Ilha de Calor de Superfície.

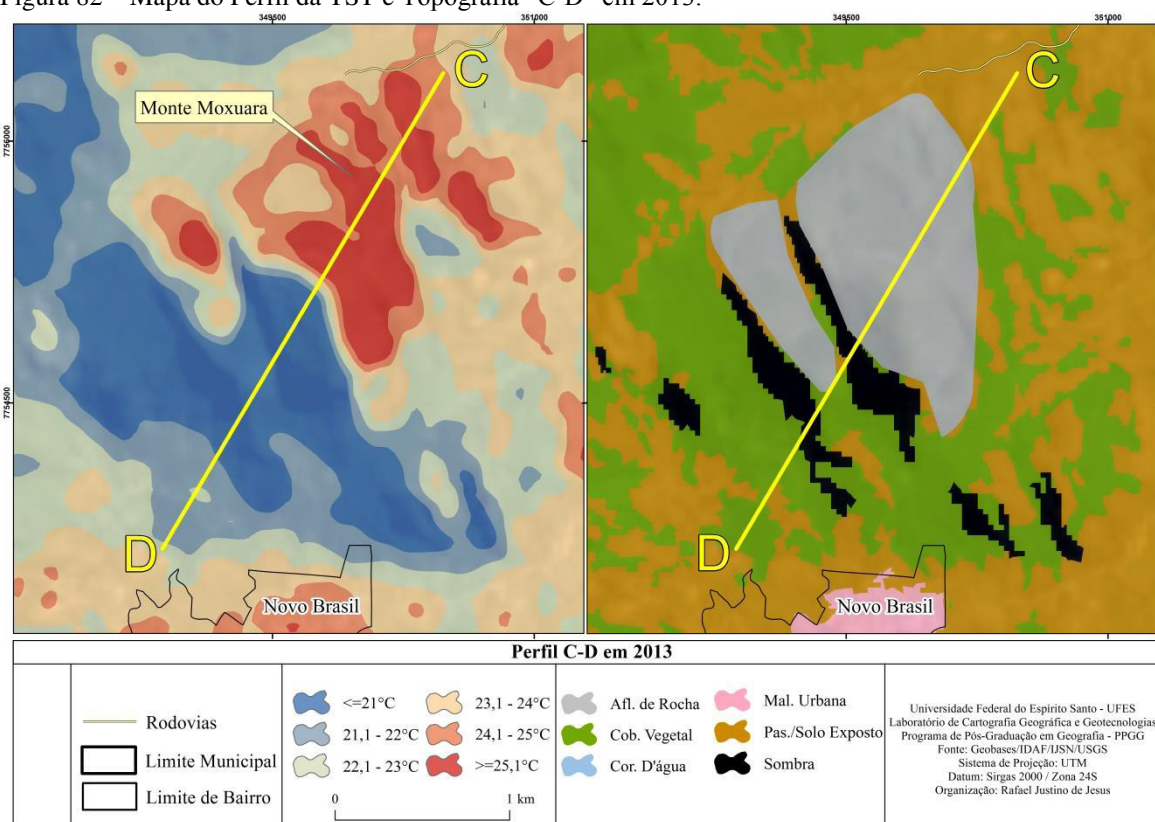
Figura 81 – Galpões do IFES do *Campus* Cariacica.



Fonte: Google Street View.

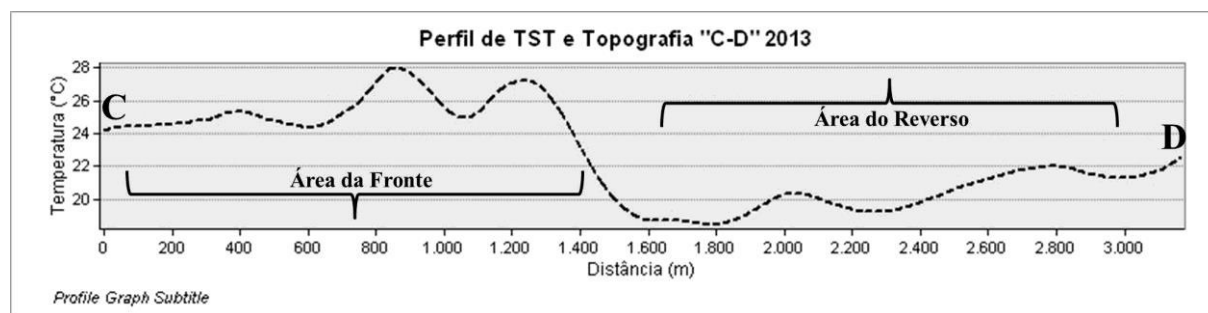
Já as Figuras 82 e 83 apresentam o Perfil da TST e Topografia “C-D” para 2013, tendo como recorte o Monte Moxuara, que apresentou uma amplitude térmica de 9,2°C com registro mais elevado no valor de 27,8°C (intervalo $\geq 25,1^\circ\text{C}$) e menor registro de 18,6°C ($\leq 21,0^\circ\text{C}$). Similar ao verificado em 1985 o ponto “C” foi aquele que apresentou as temperaturas mais elevadas com destaque para os valores de 24,1°C – 25,0°C e $\geq 25,1^\circ\text{C}$ e o ponto “D” – que representa a face reversa no horário da passagem do satélite exibiu uma TST entre 21,1°C – 22,0°C e os valores $\leq 21,0^\circ\text{C}$.

Figura 82 – Mapa do Perfil da TST e Topografia “C-D” em 2013.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

Figura 83 - Perfil da TST e Topografia “C-D” da Imagem Termal/Landsat-8, em 27/08/2013 registrando variações conforme Usos e Coberturas da Terra.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

No ano de 2013 os grupos das classes $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$ e $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$ apesar de serem proporcionalmente mais participativos não estão sozinhos. Diferente do que é observado em 1985 aqui não ocorre a linearidade entre as duas classes, tendo em vista a presença daquelas que estão situadas entre $24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$ para as classes mais elevadas e as de $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$ e $22,1^{\circ}\text{C} - 23,0^{\circ}\text{C}$ para as mais amenas. Isso pode estar relacionado com a diminuição da área formada pelas sombras que em 1985 é maior, fazendo com que a influencia desta classe também decaia.

Outro dado que está atrelado a este comportamento é a intensificação do cultivo agrícola, sabendo que esta Cobertura Vegetal tende a se comportar de modo diferente do ponto de vista espectral acarretando em distinta TST daquela caracterizada como nativa e primária, tendo em vista que é no sopé do monte Moxuara onde são registradas as TST entre $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$ e nas áreas de maior declividade ainda se encontram a Cobertura Vegetal primária que exibiu valores $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$.

Ao comparar os perfis de 1985 e 2013 é possível constatar algumas diferenças na TST relacionadas principalmente com a intensificação e espraiamento de alguns usos como a Malha Urbana e a densidade da Cobertura Vegetal. Tanto é que esta última classe apresenta para “A” um aumento na TST de $21,1^{\circ}\text{C}$ em 1985 para $21,9^{\circ}\text{C}$ no ano de 2013. O ponto “B” também revela aumento gradual na TST entre 1985 e 2013, pois como comentado, em ano anterior ainda não estava instalado o terminal rodoviário motivando a presença de TST mais baixas. Já em 2013 existe toda uma estrutura urbana que é coligada a outros importantes fatores no aumento da TST como a linha viária e alta circulação de veículos, fazendo com que a temperatura situe-se no intervalo de maior TST ($\geq 25,1^{\circ}\text{C}$).

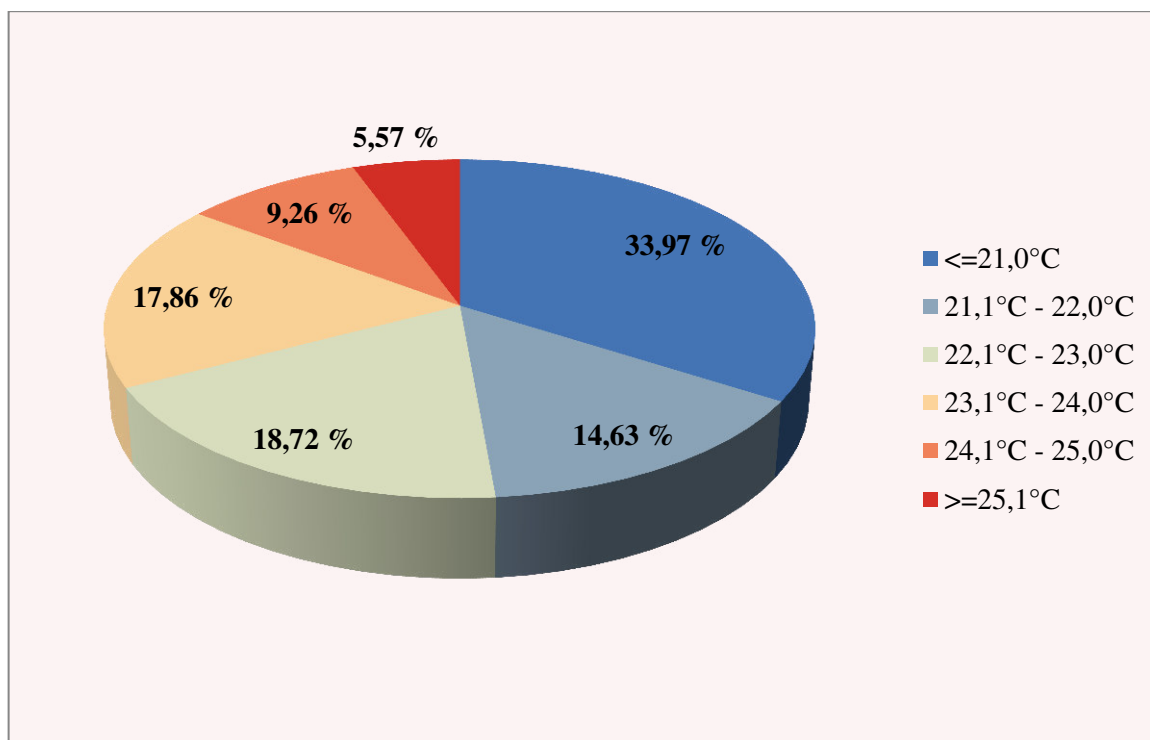
Em ambos os anos o fator topográfico influi no comportamento da TST no bairro Alto Boa Vista, presenciando para a face da vertente exposta a maior radiação e luminosidade solar as maiores TST e nas áreas de reverso as TST mais amenas. Já o Corpo D'água foi o uso e cobertura da terra que propiciou os mais baixos valores na TST, sempre $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$ tanto em 1985 quanto em 2013.

5.7 Proporções da Temperatura da Superfície Terrestre com relação ao Uso e Cobertura em 1985 e 2013

Os Gráficos 4 e 5 apresentam a quantificação da proporção (%) que cada intervalo de valor da TST ($\leq 21,0^{\circ}\text{C}$; $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$; $22,1^{\circ}\text{C} - 23,0^{\circ}\text{C}$; $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$; $24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$ e $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$) representou em 1985 e 2013 em todo o Município. Tais resultados relacionam-se com aqueles encontrados para o uso e cobertura da terra dos referidos anos tendo em vista que suas diferenças também estão associadas majoritariamente a transformação ocorrida em Cariacica durante o intervalo de tempo, associadas principalmente pela retirada da Cobertura Vegetal e ampliação da classe Malha Urbana.

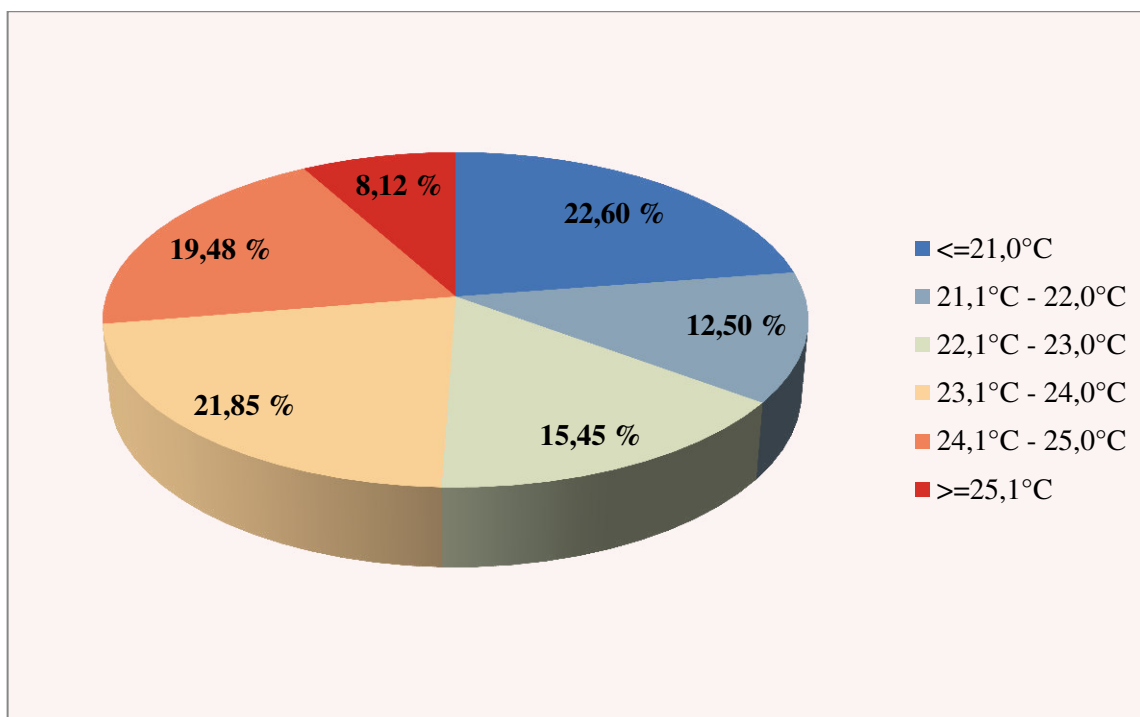
A partir da interpretação dos Gráficos 4 e 5 é possível constatar que o Município de Cariacica apresentou, tanto em 1985 quanto em 2013, maior presença dos intervalos das TST mais amenas, isto é, aquelas cujos valores situam-se em $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$; $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$ e $22,1^{\circ}\text{C} - 23,0^{\circ}\text{C}$. Nota-se que tais áreas relacionam-se principalmente com a Cobertura Vegetal, Corpo D'água, Pastagem/Solo Exposto, Sombras e as áreas onde ocorreram a influencia do fator topográfico.

Gráfico 4 – Proporção (%) da TST em 1985.



Fonte: Elaborado pelo Autor. Janeiro/2016.

Gráfico 5 – Proporção da TST (%) em 2013.



Fonte: Elaborado pelo Autor. Janeiro/2016.

Entretanto e apesar de tal significância observa-se que entre o intervalo de tempo houve uma redução significativa em sua proporção, tanto é que em 1985 o intervalo $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$ registrou uma porcentagem de 33,97%, caindo em 2013 para 22,60%, exibindo um declínio de 11,37%. Tal resultado concorda com aqueles encontrados nos usos da terra, visto que entre 1985 e 2013 há a ocorrência da supressão de Cobertura Vegetal.

Nos dois próximos intervalos de temperaturas mais amenas também são notados declínios entre os anos. Em 1985 o grupo situado entre $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$ registrou a participação de 14,63% e em 2013 o valor de 12,50% - redução de 2,13%, já o grupo entre $22,1^{\circ}\text{C} - 23,0^{\circ}\text{C}$ teve uma queda de 3,27% visto que mostrou 18,72% de participação em 1985 contra 15,45% em 2013. Juntos os três intervalos registraram 67,32% de participação em 1985 caindo em 2013 para 50,55%.

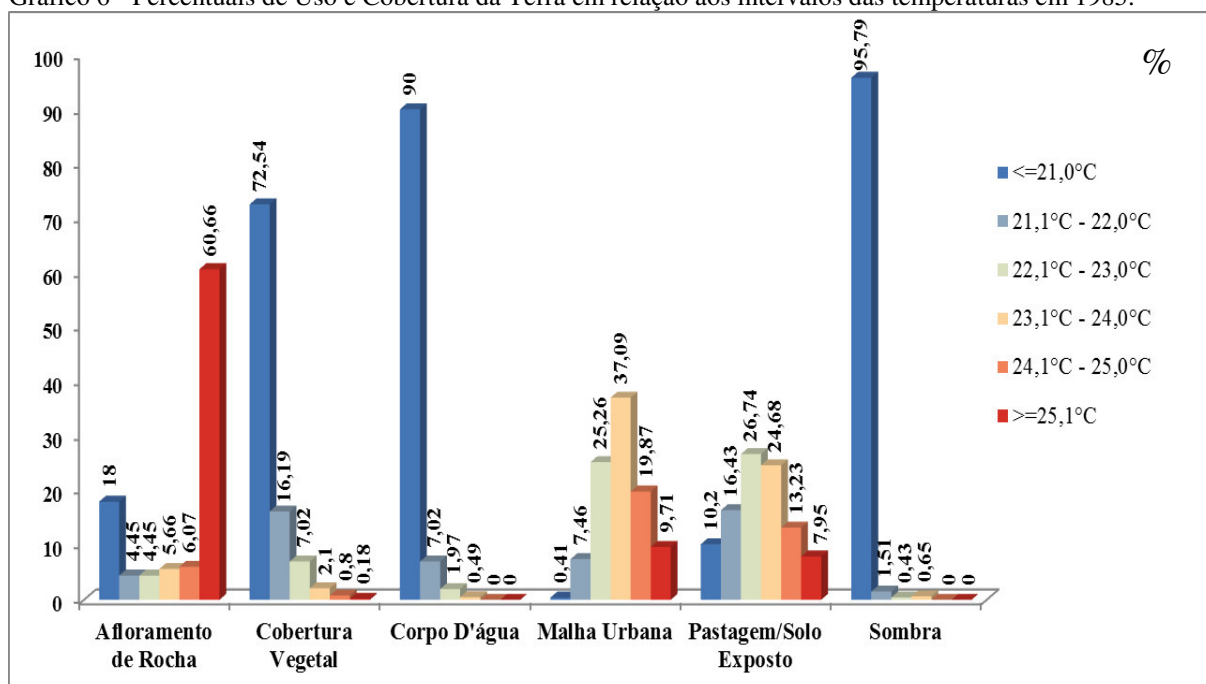
Os três grupos que registraram valores mais elevados na TST foram aqueles que exibiram comportamento inverso dos três precedentes, ou seja, apresentaram aumento em sua proporção entre 1985 e 2013, tanto é que o intervalo de valor situado entre $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$ apresentou 17,86% de participação em 1985 contra 21,85% em 2013 – aumento de 3,99%; Já o de $24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$ teve um aumento de 10,22% tendo em vista a proporção de 9,26% em

1985 e 19,48% em 2013 e o intervalo mais elevado da TST exibiu uma participação de 5,57% em 1985 e 8,12% em 2013, provocando acréscimo de 2,65% entre o recorte temporal e durante a passagem do satélite. Juntos apresentaram uma participação de 32,69% em 1985 e 49,45% em 2013.

Tais comportamentos estão associados ao contexto de transformação no uso e cobertura da terra, pois conforme constatado em avaliações anteriores houve a redução da Classe Cobertura Vegetal e ampliação e intensificação da Malha Urbana de Cariacica, principalmente nas direções norte e sul, bem como a retirada do capeamento (Pastagem) para a entrada do solo estritamente exposto. Assim, os aumentos expressos nos três grupos finais são justificados em função da intensificação das atividades antrópicas em Cariacica, que altera a cobertura da terra através da inserção de materiais pouco permeáveis, materiais construtivos com albedo e emissividade mais baixos e com alta capacidade no armazenamento de energia térmica, influenciando no aumento da TST.

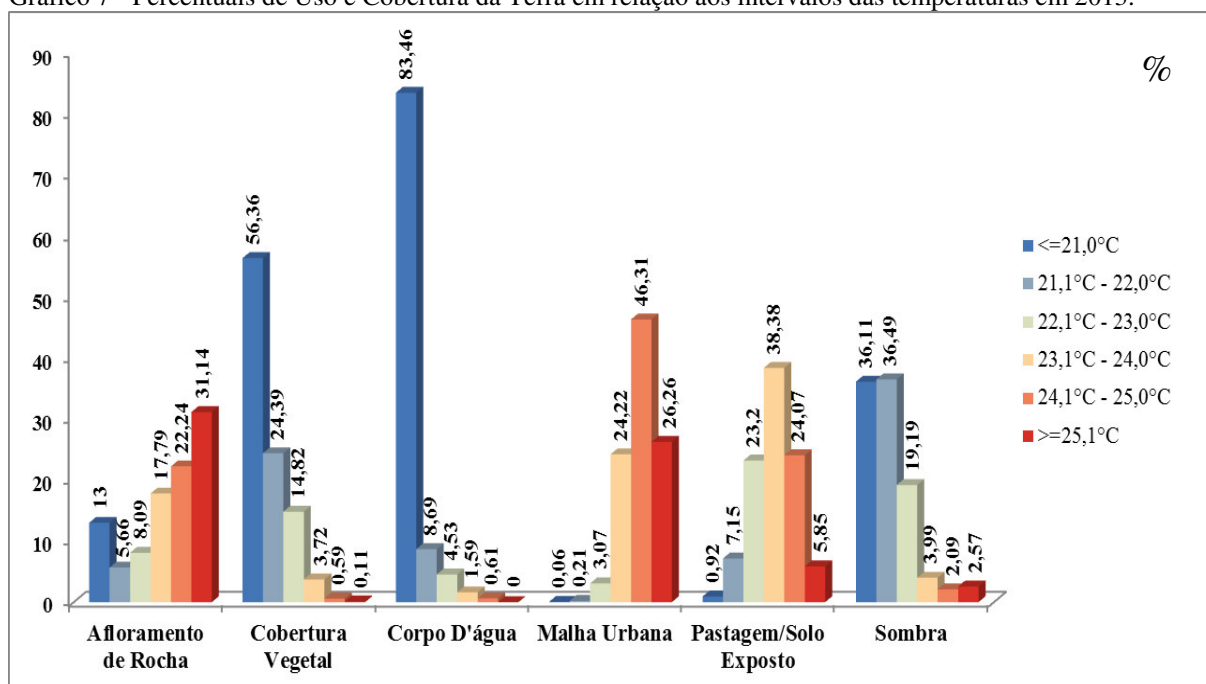
Por fim, os Gráficos 6 e 7 apresentam o resultado da participação de cada uso e cobertura da terra relacionados à proporção da TST que cada um representou - expressos em percentuais (%) para todo o Município. No ano de 1985 a classe Afloramento de Rocha representou majoritariamente (60,66%) uma TST com intervalo entre $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$, ou seja, de temperaturas mais elevadas. Tal resultado pode estar relacionado com a maior incidência da radiação solar sobre a parte frontal da vertente do Moxuara registrada no momento da passagem do satélite que aliado a sua característica física impulsionaram tal comportamento. Na mesma classe de uso e cobertura da terra foi identificado com 18% de participação o intervalo mais ameno, isto é, de valor $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$, que por sua vez pode estar relacionado com a posição do reverso – que recebeu menos incidência solar provocada por sua própria estrutura topográfica, além disso, tal conduta tende a formar polígonos de sombreamento e consequentemente registrar TST mais amenas. A dispersão dos outros valores pode estar associada aos resquícios de Cobertura Vegetal e por processos de formação do solo em alguma posição do monte Moxuara.

Gráfico 6 - Percentuais de Uso e Cobertura da Terra em relação aos intervalos das temperaturas em 1985.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

Gráfico 7 - Percentuais de Uso e Cobertura da Terra em relação aos intervalos das temperaturas em 2013.



Fonte: Organizado pelo Autor. Janeiro/2016.

Já em 2013 o Afloramento de Rocha apresenta maior divisão entre os intervalos da TST, conduta que pode estar associada a fatores como a maior presença de Cobertura Vegetal e também a questões ligadas a própria imagem de satélite como a relação entre o momento do imageamento, altura solar e a topografia da classe de uso e cobertura. Tais condutas

mostraram um declínio da participação do Afloramento de Rocha com as TST mais elevadas ($\geq 25,1^{\circ}\text{C}$) e mais baixas ($\leq 21,0^{\circ}\text{C}$) e maior participação dos intervalos que em 1985 mostraram-se pouco participativos.

A classe Cobertura Vegetal relaciona-se de sobremaneira com os grupos da TST mais amenos. Em 1985 ela representou 72,54% da presença das TST situadas em $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$ e 16,19% daqueles entre $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$. Este comportamento pode estar associado a sua característica biofísica que atrelada aos processos de evapotranspiração e sua superfície foliar condicionam TST mais amenas (COLLISCHONN, 2005).

A representatividade dos valores mais elevados na TST para a classe Cobertura Vegetal pode estar relacionada à presença de uma Cobertura Vegetal do tipo secundária e também pelo cultivo agrícola e das monoculturas (eucalipto, banana e café) apresentando diferenciações nas características espectrais. Já em 2013 a representatividade da Cobertura Vegetal nas temperaturas mais amenas diminuiu para 56,36% - redução de 16,18%. Tal comportamento pode estar incorporado ao processo de supressão das áreas verdes ocorrido no Município de Cariacica entre 1985 e 2013 conforme orientou os mapas de uso e cobertura da terra, que indicou dentro da área urbana áreas o aumento do tipo espaçada/rarefeita – que por sua vez pode ter condicionado diferenciações em suas características espectrais e de emissividade.

A classe Corpo D'água pode ser considerada como aquela que mais contribui para a existência de TST mais amenas e consequentemente é a classe de uso e cobertura da terra (junto com a Cobertura Vegetal) que tende a propiciar as Ilhas de Frescor de Superfície. Esta característica está muito envolvida com o valor de emissividade que a água possui e também por suas características bio-físicas (JENSEN, 2011).

No ano de 1985 ela foi associada com 90,00% da TST situada entre $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$. Já em 2013 este percentual é de 83,46% ($\leq 21,0^{\circ}\text{C}$), o que também não deixa de ser muito significativo. A presença de temperaturas mais elevadas para esta classe pode estar relacionada com fatores como a batimetria – estratificação térmica e diferenciada (ANGELOCCI et al., 1995), pela presença das plumas de sedimentação e de fatores ligados aos elementos e fatores do clima como a radiação emitida pelo Sol, os ventos e a morfologia (CORREA; COELHO, 2013). Sobre o comportamento da classe Corpo D'água, Collischonn (2005) salienta ainda que sua característica relacionada às TST mais amenas podem ser associadas a sua forte inércia

térmica – que acumula o frio no período noturno aquecendo-se mais lentamente de manhã e também o processo de evaporação que ocorre nos ambientes aquáticos.

A classe Malha Urbana caracteriza-se por apresentar processo inverso àquele observado na Cobertura Vegetal e Corpo D'água, pois ela esteve associada em maior proporção aos três últimos intervalos da TST. Nota-se que em 1985, 33,13% da classe foi representada pelos intervalos mais amenos da TST ($\leq 21,0^{\circ}\text{C}$; $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$ e $22,1^{\circ}\text{C} - 23,0^{\circ}\text{C}$), em contrapartida 37,09%, 19,87% e 9,71% (66,67%) foram admitidas respectivamente aos grupos entre $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$; $24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$ e $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$. Esta participação entre tais grupos pode estar associada ao processo de inicial de assentamento da Malha Urbana observada pela presença de loteamentos, ruas ainda não pavimentadas e residências em processo construtivo.

Em 2013 esta classe de uso e cobertura da terra está relacionada com 96,79% de representatividade das TST mais elevadas ($23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C} - 24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$ e $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$) sendo composta por 24,26% no intervalo de $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$, 46,31% no intervalo $24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$ e 26,26% em $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$. Este processo corrobora com o entendimento da intensificação desta classe observado no ano de 2013, principalmente pela consolidação da porção mais meridional e central de Cariacica, contando também com o surgimento e espraiamento das áreas intermodais (Portos Secos) localizadas no bairro Porto Engenho.

Dentro da Malha Urbana as áreas que registraram as maiores TST são aquelas localizadas nos arredores das principais rodovias presentes em Cariacica como a BR-262 e BR-101 que são, sobretudo, pouco arborizadas e capeadas intensamente por materiais ligados ao asfalto e concreto. Nos arredores de tais rodovias são visualizados parques residenciais de média a alto adensamento que via de regra são também pouco arborizados e centros de comércio e serviços que comporta alta circulação de pessoas e veículos automotores.

Em 1985 a classe Pastagem/Solo Exposto exibiu um comportamento bastante heterogêneo com relação a TST. Esta classe apresenta 53,37% de participação nas classes mais amenas ($\leq 21,0^{\circ}\text{C}$; $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$; $22,1 - 23,0^{\circ}\text{C}$), que são distribuídas da seguinte forma: 10,20% associadas ao grupo $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$, 16,43% para o grupo entre $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$ e 26,74% para o intervalo $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$. Este comportamento pode relacionar-se com a presença de um capeamento vegetal (Pastagem) que por sua vez mensuram TST mais amenas. Já as porcentagens de 24,68%, 13,23% e 7,95% estão associadas respectivamente aos intervalos de

temperatura situados entre 23,1°C – 24,0°C; 24,1°C – 25,0°C e $\geq 25,1^\circ\text{C}$ e que por sua vez podem relacionar-se ao processo do aumento de solo com ausência de capeamento.

Verifica-se uma participação de 31,27% da TST nos três intervalos mais amenos, situados em $\leq 21,0^\circ\text{C}$; 21,1 – 22,0°C e 22,1 – 23,0°C, apresentando uma redução de 22,10%. Entretanto há aumento na relação entre a Pastagem/Solo Exposto e as TST mais elevadas, verificando uma participação de 68,30%. Tal processo pode estar assentado no aumento do solo estritamente exposto em função da abertura de novos loteamentos e empreendimentos comerciais, principalmente aqueles lotados na direção norte de Cariacica, além das áreas de abertura de estradas e caminhos do campo.

A classe Sombra mostrou-se muito afiliada com as TST mais amenas, tendo em vista que no ano de 1985 foi associada com 95,79% no intervalo da temperatura $\leq 21,0^\circ\text{C}$. Neste ano verifica-se que ela tende a estar de sobremaneira vinculada ao sombreamento causado pelo fator topográfico, isto é, pelas diferenciações no recebimento da energia solar em função da topografia. Em 2013 é observada uma redução no tamanho dos polígonos causados pela conduta vista em 1985, todavia nota-se um grande polígono de sombreamento causado pela cobertura de nuvens em Vitória que prolonga seu efeito até em Cariacica.

Certamente o fato visto acima contribui no comportamento da TST que é verificado para tal classe, pois diferente do que é visto em 1985 ela passa a não se concentrar somente num intervalo da TST, mas sim entre as três mais amenas (36,11%) em $\leq 21,0^\circ\text{C}$, (36,49%) entre 21,1°C – 22,0°C e (19,19%) no intervalo 22,1°C – 23,0°C. Isto pode estar associado ao curto período de tempo que a cobertura de nuvens chegou e/ou esteve em Vitória, sendo o mais provável pouco antes da passagem do satélite.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho permitiu verificar que as transformações ocorridas numa determinada superfície através uso e cobertura da terra que por sua vez correlacionados com fatores como a morfologia e as funcionalidades existentes podem alterar a energia que entra no sistema, repercutindo diretamente no conforto térmico, indicando alterações na temperatura (MONTEIRO, 1976; 2003) - seja ela TA ou TST e a formação das Ilhas de Calor e Frescor de Superfície (FIALHO, 2009; LUCENA, 2013). Tais condutas são repassadas para a sociedade que ocupa o espaço e que por sua vez estudam ações mitigadoras e de planejamento (MONTEIRO, 1976; 2003).

Conclui-se que o Município passou por algumas transformações, sobretudo no que concerne a supressão das áreas de Cobertura Vegetal, a intensificação e espraiamento da classe Malha Urbana, além da participação da classe Pastagem/Solo Exposto em grande parte do território cariaticuense. Concorde-se que tais mudanças no espaço podem alterar o balanço de radiação dentro das cidades principalmente em função das geometrias dos equipamentos construídos pelo homem e pelos materiais que são utilizados tendo em vista as suas características térmicas (AMORIM, 2013).

Por meio dos dados e das avaliações feitas preteritamente, pode-se constatar que entre 1985 e 2013, houve diminuição da classe Cobertura Vegetal, mas em algumas áreas (REBIO e nordeste da área urbana) foi identificado um comportamento de manutenção que pode estar associado aos projetos de intervenção e conservação passando por um período de regeneração por intermédio do replantio de árvores nativas e secundárias e a manutenção do ecossistema manguezal na direção nordeste de Cariacica. Esta classe é pouco encontrada na área urbana sendo caracterizada por polígonos pontuais e não interligados. A área rural é onde fica concentrada a maior parcela desta classe de uso e cobertura da terra. Sua manutenção também pode estar associada à topografia do terreno que dificulta o assentamento humano.

Outra classe de uso e cobertura da terra que apresentou redução entre 1985 e 2013 foi a Pastagem/Solo Exposto. Nota-se que em 1985 ela representava uma área de 124,80 km², já no ano de 2013 reduziu para 109,52 km². Entretanto ela foi a classe de uso mais representativa em Cariacica em ambos os anos de avaliação. Conclui-se que sua redução esteja associada a transformações por quais ela própria passou, ou seja, deixando de ser Pastagem/Solo Exposto

e mudando para outras classes, sobretudo a Malha Urbana que exibe um crescimento muito próximo a área em km² que foi perdida de Pastagem/Solo Exposto.

Diferente das outras classes de uso e cobertura da terra, a Malha Urbana (com exceção do Corpo D'Água e Sombra) apresentou crescimento entre 1985 e 2013 (14,32 km²) com tendência a continuação deste processo.

De sobremaneira foram quatro áreas que mais se destacaram (com relação ao processo de transformação ocorrido entre os anos) sendo elas demarcados nos mapas de uso e cobertura da terra através de círculos indicativos. A primeira e segunda área localiza-se na porção meridional de Cariacica e é composto pelos bairros Formate, Castelo Branco, Jardim de Halá, Rio Marinho, Jardim Botânico e Vista Linda. Nota-se que tais consolidações estão estritamente associadas aos corredores rodoviários como a ES-471 e a ES-469. No ano de 1985 estas áreas estavam tomadas pela Pastagem/Solo Exposto e enquanto Malha Urbana, experimentavam as primeiras instalações, ou seja, não estavam consolidadas. Em 2013 este processo intensifica-se de modo a perceber uma grande mancha urbana que continua a prolongar-se para as áreas vizinhas.

A terceira área reporta para a porção que oficialmente é descrita como sede municipal. Historicamente verificou-se a migração da expansão urbana desta área para os locais mais próximos a Vitória, concentrando-se, sobretudo na regional 4 (Campo Grande). Todavia em 2013 o mapa de uso e cobertura da terra mostra o processo de espraiamento da Malha urbana, principalmente na intensificação do bairro Prolar. A quarta área localiza-se ao Norte de Cariacica e compreende os setores comerciais ligados ao serviço portuário. Trata-se de uma área que apresentou forte transformação entre 1985 e 2013 e conforme avaliações presentes através das campanhas de campo ela tende a aumentar o processo. Foram incentivados principalmente pela estruturação da BR-101 e pela proximidade a vários pontos estratégicos da RMGV.

Sobre tais comportamentos acima comentados conclui-se que a TST verificada durante a passagem dos satélites está associada principalmente as mudanças no uso e cobertura da terra, na topografia do terreno e também na cobertura de nuvens presente no ano de 2013. Tais fatores tenderam a influenciar diretamente os processos de absorção e reflectancia da REM de cada superfície.

Os resultados da mensuração permitem avaliar uma redução na proporção da TST nos três primeiros grupos de intervalos térmicos ($\leq 21,0^{\circ}\text{C}$; $21,1 - 22,0^{\circ}\text{C}$; $22,1^{\circ}\text{C} - 23,0^{\circ}\text{C}$) que por sua vez podem estar relacionados com a queda nas classes Cobertura Vegetal e também da Pastagem/Solo Exposto. Já os três grupos de intervalos térmicos mais elevados ($23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$; $24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$ e $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$) exibiram comportamento oposto tendo em vista o aumento na proporção deles no ano de 2013. Este resultado encontra suporte quando se verifica o aumento na classe Malha Urbana – indicando também o aumento na inserção de materiais impermeáveis e de alta capacidade térmica e o aparecimento de áreas consideradas com solo estritamente exposto para futuras instalações residenciais e comerciais, pois conforme destaca Collischon (2005, s/n) “(...) espaços de solo nu (...) aparecem muito quentes em razão do aquecimento rápido à sua superfície dado pela ausência de água e pela má condutividade térmica ao interior do solo”.

Conclui-se também a presença de um padrão espacial na TST tanto em 1985 quanto em 2013, pois a área rural de Cariacica exhibe majoritariamente temperaturas mais amenas enquanto a área urbana detém aquelas mais elevadas. Logicamente que são encontrados efeitos contrários em ambos os espaços como a presença de parte da baía de Vitória - propiciadora de TST mais amenas nas áreas urbanizadas, e a abertura de estradas/caminhos do campo na parte rural - como propiciadores de TST mais elevadas em função da exposição do solo.

Foi possível concluir também a relação existente entre percentuais de TST exibidos por cada classe de uso e cobertura da terra, com destaque para a Cobertura Vegetal, Corpo D'água, Malha Urbana e Pastagem/Solo Exposto.

A Cobertura Vegetal esteve muito articulada com o intervalo de TST $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$, tratando-se desta forma numa classe muito importante no espaço geográfico. A queda na participação é dada em função da também diminuição das áreas verdes entre 1985 e 2013. Este processo está vinculado com as propriedades biofísicas como a sua maior inércia térmica, com tendência de lento aquecimento e baixa amplitude térmica diária (YOUNG, 2005; JUNIOR, 2013). Provavelmente a relação da Cobertura Vegetal com os intervalos mais quentes esteja associada à Cobertura Vegetal do tipo secundária e também aos cultivos agrícolas como o eucalipto, banana e café, presentes na área rural de Cariacica que por sua vez apresentam diferentes respostas espectrais daqueles que se classificam como vegetação nativa e primária.

A classe Corpo D'água também esteve muito associada ao intervalo de temperatura mais ameno ($\leq 21,0^{\circ}\text{C}$) com participação de 90,00% em 1985 e 83,46% em 2013. Este resultado está associado à inércia térmica (similar a Cobertura Vegetal) e também pela conduta espectral desta classe na faixa do infravermelho termal (JENSEN, 2011; LORENZETTI, 2015). Nota-se que é muito pequena a participação desta classe nas temperaturas mais elevadas, entretanto sua presença pode ser explicada pela estratificação térmica diferenciada (ANGELOCCI et al., 1995) e também pelos elementos do clima como a radiação solar e os ventos (CORREA; COELHO, 2013).

A Malha Urbana apresenta comportamento diferenciado daquele observado para as duas classes anteriores. Ela está muito associada entre os intervalos de TST mais quentes e ao fato de que, entre 1985 e 2013, houve surto crescimento entre os grupos $24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$ e $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$. A área central com alto índice residencial e de comércio e serviços aparece tão quente quanto as áreas retroportuárias mais recentes e lotadas na direção norte de Cariacica.

A Pastagem/Solo Exposto apresenta uma conduta bastante heterogênea, tendo em vista que ela encontra-se nos diversos intervalos da TST. É claro que no ano de 2013 ela concentrou-se nos intervalos mais quentes, todavia ela não demonstra uma organização quanto a sua participação como é visto nas outras classes. Esta conduta provavelmente pode ser elucidada por conta das variações espectrais que a constitui, pois ela ao mesmo tempo se caracteriza pelas áreas que possuem algum capeamento vegetal e também por áreas de solo exclusivamente exposto.

Com relação às Ilhas de Calor e Frescor de Superfície (OKE, 1987; FIALHO, 2009) conclui-se que eles estão associados às classes Malha Urbana, Pastagem/Solo Exposto, Cobertura Vegetal e Corpo D'água, localizados principalmente na área central e norte de Cariacica e os de frescor lotados na REBIO Duas Bocas, Rio Bubu e parte da baía de Vitória. O fator topográfico também influencia bastante na formação das Ilhas de Calor e Frescor em função do sombreamento provocado pelas vertentes no reverso.

As Ilhas de Calor de Superfície são encontradas em diversas posições, tanto nas áreas mais residenciais quanto na porção industrial, mostrando que o campo térmico de Cariacica é multifacetado – o que favorece a existência de tais fenômenos. Além disso, a posição das Ilhas de Calor e Frescor de Superfície encontradas em Cariacica tanto em 1985 quanto em 2013 corrobora com a ideia levantada por Lucena (2013) que associa outro padrão na

localização daquelas identificadas pelo SR, através da disseminação de núcleos igualmente quentes ao longo da superfície (LUCENA, 2013).

Como ação mitigadora a vias de planejamento para as áreas mais quentes e também para a redução das Ilhas de Calor propõe-se a aplicação de projetos de rearboreização e criação de parques públicos principalmente nas áreas urbanizadas de Cariacica. Além disso, é necessário enfatizar a importância da manutenção dos espaços verdes situados na porção rural do Município e limitar os processos de expansão da Malha Urbana que porventura estiverem sendo planejados para esta área.

Em conclusão pode-se dizer sobre a importância das informações e dados da TST e do uso e cobertura da terra originados por meio das técnicas de SIG e SR como as imagens gratuitas e com melhoria na resolução espacial para 30 metros dos satélites *Landsat-5* e *Landsat-8* nos estudos climáticos e urbanos, tendo em vista a boa correlação que eles apresentaram frente aos intervalos da TST. Eles mostraram-se operantes e validam a utilização das geotecnologias como outra possibilidade metodológica de mensuração da temperatura (GARTLAND, 2010), contribuindo na sua identificação e espacialização num recorte espacial mais amplo – o que seria mais dificultoso se utilizado outras técnicas. Ressalta-se que tal metodologia pode ser aplicada em qualquer outro Município abrindo a possibilidade de leituras do campo térmico de superfície em nível de regiões metropolitanas ou áreas conurbadas.

Sugere-se para trabalhos futuros a espacialização e comparação da TST com a aplicação de novas metodologias como a proposta feita por Voogt e Oke (1997) denominada de Temperatura de Superfície Urbana Completa – TSUC, que mensura o comportamento térmico nas três dimensões do sistema climático urbano (FIALHO, 2009).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE, A. T. **Grande Vitória, ES: crescimento e metropolização**. 1999. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- ALCOFORADO, M. J; LOPES, A; ANDRADE, H; VASCONCELOS, J. **Orientações climáticas para o ordenamento em Lisboa**. Lisboa: Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa, 2006. 82p.
- AMORIM, M. C. C. T. **O Clima Urbano de Presidente Prudente/SP**. 2000. 322 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- AMORIM, M. C. de C. T. CLIMA URBANO: ESTRUTURA TÉRMICA E ILHAS DE CALOR. In: AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade; SANT'ANNA NETO, João Lima; MONTEIRO, Ana (Org.). **Climatologia urbana e regional: Questões teóricas e estudos de caso**. São Paulo9: Outras Expressões, 2013. p. 191-220.
- ANGELOCCI, L.R., VILLA NOVA, N.A.(1995): “Variações da água em um pequeno lago artificial ao longo de um ano em Piracicaba-SP”, Sp. **Scientia Agricola**, vol. 52, p.431-438.
- ANJOS, M. W. B. dos. **Ambiente urbano: contrastes térmicos e higrométricos espaciais em Aracaju-Sergipe (Brasil)**. 2012. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2012.
- ARTIS, D. A.; CARNAHAN, W. H. Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. **Remote Sensing of Environment**, v. 12, n. 4, p. 313–329, Sept. 1982
- ASSIS, W.L. **O Sistema Clima Urbano do Município de Belo Horizonte da Perspectiva Têmporo-Espacial**. 2010. 299 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos; Revisão de Suely Bastos, 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- BARBOSA, R.V.R.; VECCHIA, F.A.S. Estudos de ilha de calor urbana por meio de imagens do Landsat 7 ETM+: Estudo de caso em São Carlos (SP). **Revista Minerva**, v. 6, n. 3, p. 273-278, 2009.
- BERGAMIM, M. C.. **Agenda Cariacica Planejamento Sustentável da Cidade 2010-2030: MEIO AMBIENTE, HUMANIZAÇÃO DA CIDADE E SANEAMENTO**. PMC: Cariacica, 2012. 48 p.
- BRANDÃO, A. M de P.M. O Clima Urbano da Cidade do Rio De Janeiro. In: MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo; MENDONÇA, Francisco. **CLIMA URBANO**. São Paulo: Contexto, 2003. p. 121-153.
- BRASIL, G. H.; CASTIGLIONE, A. **Agenda Cariacica Planejamento Sustentável da Cidade 2010-2030: DINÂMICA POPULACIONAL**. PMC: Cariacica, 2012. 176 p.
- CARBONELL, A.; YARO, R. **American spatial development and the new megalopolis**. Land Lines. Lincoln Institute of Land Policy. 2005.
- CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS – CPTEC. **Análise Sinótica de Superfície do dia 22 ao dia 27/08/2013**. Acesso em 16 de novembro de 2015.

CHANDER, G.; Markham, B. L.; Helder, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, 113, 2009, p. 893-903.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.41, n.11, p. 2674 - 2677, 2003.

CHRISTOPHERSON, R. W. **Geossistemas: uma introdução à geografia física**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

COELHO, A. L. N.; FERREIRA, G. A. C.. Geotecnologias aplicadas em área inundável: O caso de Brejo Grande, Serra-ES. **Geotextos**, Salvador, v. 7, n. 1, p.159-183, jul. 2011.

COELHO, A. L. N; RAMOS, A. L. D; BERGAMASCHI, R. B. Aplicação dos Produtos Landsat-8/TIRS/OLI e Aster/GDEM na Avaliação do Comportamento Termal de Superfície, Usos e Topografia. **Anais... XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa, v. 17, n. 1, p.1323-1330, abr. 2015.

COELHO, A.L.N; CORREA, W.S.C. Temperatura de superfície celsius do sensor tirs/landsat-8: metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica**. Boa Vista: v. 7, n.1 p. 31-45, 2013.

COLLISCHONN, E. **O campo térmico da Região Metropolitana de Porto Alegre: Uma Análise a partir da Interação das Variáveis Ambientais na Definição do Clima Local**. 155f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

COLLISCHONN, E. A temperatura de superfície e sua relação com a urbanização no Vale do Rio Pardo-RS. In: XI ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 2005, Bahia. **Anais... .** Bahia: Anpur, 2005.

CORREA, W. DE .S. C. **Campo térmico e higrométrico da Regional Praia do Canto no município de Vitória (ES)**. 2014. 152 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

CORREA, W. de S. C; COELHO, A. L. N; VALE, C. C do. Influência de Distintos Sistemas Atmosféricos da Temperatura de Superfície do Município De Vitória (Es). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 16, n. 53, p.37-54, 01 mar. 2015.

COSTA, A.S; Franco, I.M. **Aplicação de imagens termográficas para caracterização do calor urbano, 2013**. Disponível em: http://www.periodicosueap.com.br/index.php/RCA/article/view/75/pdf_2. Acesso em 12.dez/2015.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1993. 170 p.

CUNHA, J.E.B.L; RUFINO, I.A.A; IDEIÃO, S.M^a.A. Determinação da temperatura de superfície na cidade de Campina Grande-PB a partir de imagens do satélite Landsat 5-TM. In: ANAIS XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 5717-5724.

DELGADO, R. C.; RODRIGUES, R. A.; FARIA, A. L. L.; PESSÔA, C. S.; DAHER, M. Uso do sensoriamento remoto na estimativa dos efeitos de ilhas de calor. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 25, 2012.

DOMINGUES, A. Formas e escalas da urbanização difusa – interpretação e intervenção no de Portugal. **Revista INFOGEO**. Volume 14. Lisboa – Portugal. p. 43-64. 1999.

FIALHO, E. S. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira**. 2009. 279 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FIGUEIREDO, G. C; VIEIRA, C. A. O. Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Inpe, 2007. p. 5775 - 5762.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.

FONSECA, A. D; FERNANDES, J.C. **DETECÇÃO REMOTA**. Lisboa: Lidel, 2004. 224 p.

FONSECA, L. M. G. **Processamento digital de imagens**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2000. 105p.

FRITZ, S. **The diurnal variation of ground temperature as measured from TIROS II**. Journal of Applied Meteorolog. 1963, v . 2, oct., p. 645-648.

FUCKNER, M.A. **Aplicação de imagens aster no estudo do ambiente urbano de São Paulo e Rio de Janeiro**. São José dos Campos, 2008. 230p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto de Pesquisas Espaciais/INPE.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 248 p.

GEOTECNOLOGIA, Hiparc. **Veracidade**. Disponível em: <<http://www.veracidade.com.br/>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

GONZÁLEZ, M, E; RODRÍGUEZ, M.P; ZABALLOS, A.G. Analysis of urban climate in de centre of Spain by Making use of satellite images. In: ANALES DE GEOGRAFÍA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE, 23., 2003, Madrid. **Anais...**Madri, 2003. p. 187-206.

GRONDONA A.E.B, VEETIL.B.K, ROLIM. S.B.A (2013) Urban Heat Island development during the last two decades in Porto Alegre, Brazil and its monitoring. In: **Proceedings of the Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE) 2013**, Sao Paulo, Brazil, 21–23 April 2013. pp 1–4.

HOLLER, W. A. 15 anos a 1.000: avanços nos últimos 15 anos em Sensoriamento Remoto. **Mundogeo**, Curitiba, p.72-72, jan. 2013. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/974076/1/MundoGeo72Geoquality.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2016.

HOLZ, S.; LORENA, R.B; MACHIORO, E. O uso do sensoriamento remoto para análise do campo térmico da superfície urbana completa do município de Vitória (ES). **Revista GEONORTE**, Edição Especial, V.2,N.4,p.1674 – 1682. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros em 01.07.2015**. 2015. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_dou.shtm>.

Acesso em: 19 maio 2016.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES - IJSN. **Mapeamento Geomorfológico do Estado do Espírito Santo**. Vitória: IJSN, 2012.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES - IJSN. **Região Metropolitana da Grande Vitória: Dinâmica Urbana da Década de 90**. Vitória: IJSN, 2001.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Banco de Dados Meteorológico para Ensino e Pesquisa**. Brasília, 2013.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2011. 598 p.

JESUS, R. J. de; COELHO, André L. N. ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL COM O EMPREGO DE GEOTECNOLOGIAS: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE CARIACICA – ES. **Acta Geográfica**, Boa Vista, v. 7, n. 14, p.199-212, jan. 2013.

JUNIOR, J. C. U. Correlação entre a temperatura da superfície e temperatura do ar na cidade de Jales. In: AMORIM, M. C. de C. T.e; SANT'ANNA NETO, J. Lima; MONTEIRO, A. (Org.). **Climatologia urbana e regional: Questões teóricas e estudos de caso**. São Paulo9: Outras Expressões, 2013. p. 291-316.

LANDSBERG, H. E. O clima das cidades. Tradução de Tarik Rezende de Azevedo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 18, p. 95-111, 2006.

LOMBARDO, M.A. **Ilha de Calor nas Metrôpoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985. 244p.

LORENZZETTI, J. A. **Princípios Físicos de Sensoriamento Remoto**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2015.

LUCENA, A. J. **A Ilha de calor na região metropolitana do Rio de Janeiro**. 2012. 473 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2012.

LUCENA, A. J. DE. Notas Conceituais e Metodológicas em Clima Urbano e Ilhas de Calor. **Revista Continentes**, v. 2, n. 2, p. 28 – 59, 2013.

MENDONÇA, F. de A. **O Clima e o Planejamento Urbano das Cidades de Porte Médio e Pequeno: Proposições Metodológicas para Estudo e sua Aplicação à Cidade de Londrina/PR**. 1994. 322f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia FFLCH/USP, São Paulo, 1994.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MENESES, P. R. PRINCÍPIOS DE SENSORIAMENTO REMOTO. In: MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de (Org.). **INTRODUÇÃO AO PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO**. Brasília: Unb, 2012. p. 1-31.

- MONTEIRO, A; CARVALHO, V. Clima e Planejamento regional. . In: AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade; SANT'ANNA NETO, João Lima; MONTEIRO, Ana (Org.). **Climatologia urbana e regional: Questões teóricas e estudos de caso**. São Paulo9: Outras Expressões, 2013. p. 93-116.
- MONTEIRO, C.A.F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IG06-USP, 1976. (Série Teses e Monografias n.25)
- MONTEIRO, C.A.F. Por um Suporte Teórico e Prático para Estimular Estudos Geográficos de Clima Urbano no Brasil. **Geosul**, Ano V, n. 9, p. 7-19, 1º Semestre. 1990.
- MONTEIRO, C. A. F. A cidade como processo derivador ambiental e estrutura geradora de um clima urbano. **Geosul**, Florianópolis. v.5, n.9, p.80-114, 1990.
- MONTEIRO, C. A. F; Teoria d Clima Urbano. Um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo; MENDONÇA, Francisco. **CLIMA URBANO**. São Paulo: Contexto, 2003. p. 9-67.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3. ed. atual. e ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2005. 320 p.
- MOURA, M. de O. **O clima urbano de Fortaleza sob o nível do campo térmico**. 2008. 318 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.
- NASCIMENTO, D. T. F. **Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986/2010)**. 2011. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.
- NICHOL, J.E. A GIS-Based Approach to Microclimate Monitoring in Singapore's High-Rise Housing Estates. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v.60, n. 10, p. 1225-1232, 1994.
- NJOKU, E. G. **Encyclopedia df Remote Sensing**. Pasadena: Springer, 2013.
- NOVO, E. M. L. de M.. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Blücher, 2008. 363 p.
- NUNES E.L (2004) **Análise e regeneração de espécies arbóreas em um trecho com plantio de *Arthocarpus* sp. (jaqueira) na reserva Biológica de Duas Bocas, Cariacica-ES**. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Ciências Biológicas. Santa Teresa: Escola de Ensino Superior do Educandário Seráfico São Francisco de Assis.
- OKE, T. R. The distinction between canopy and urban layer urban island. **Atmosphere** v 14, 1976. p. 268-277.
- OKE, T.R. 1987. **Boundary Layer Climates**, 2nd Edition. Methuen, London, 435 pp.
- OKE, T. R. The micrometeorology of the urban forest. **Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.**, v. 324, p. 335–349, 1989.
- OLIVEIRA FILHO, A. G. de. **Estudo Geomorfológico do Município de Cariacica - Com Uso de Sistemas de Informações Geográficas**. 2010. 110 f. Monografia (Especialização) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010.
- OLIVEIRA, F. S. **Mapeamento da Vegetação Urbana d Distribuição Espacial d Temporal De Ilhas De Calor**. 2015. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2015.

ORTIZ, G. F. **O clima urbano de Cândido Mota/SP: análise do perfil térmico e higrométrico em episódios de verão.** 2011. 162 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

PAULA, M. L. M de. **Comparação do Campo Térmico Da SUC Do Município De Vitória – Es, Em Relação às Alterações de Uso d Ocupação Do Solo Urbano dm 1991 d 2011.** 2015. 79 f. Monografia (Especialização) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

PAVÃO, V.M et al. Aplicação do sensoriamento remoto na determinação da temperatura da superfície em diferentes tipos de cobertura no município de Humaitá – AM. In: ANAIS XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 17., 2015, João Pessoa. **Anais...**São José dos Campos: INPE, 2015. p. 3013-3020.

PIRES, E.G; JUNIOR, L.G.F. Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8. In: Anais... XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 17., 2015, João Pessoa. **Anais...**São José dos Campos: INPE, 2015. p. 7421-7428.

POELKING, E. L; JESUS, D. S de; SANTOS, I. A. A dos. Uso Da Terra E Remanescentes Florestais Na Bacia Hidrográfica Do Rio Capivari, Bahia. In: IV CONGRESSO NORDESTINO DE ENGENHARIA FLORESTAL, 2013, Vitória da Conquista. **Anais...**Vitória da Conquista: Uesb, 2013. p. 1252 - 1257.

PONZONI, F. J. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a mata atlântica. In: RUDORFF, B. F. T.; MORAES, E. C.; PONZONI, F. J.; CAMARGO JÚNIOR, H.; CONFORTE, J. C.; MOREIRA, J. C.; EPIPHANIO, J. C. N.; MOREIRA, M. A.; KAMPEL, M.; ALBUQUERQUE, P. C. G. de; MARTINI, P. R.; FERREIRA, S. H.; TAVARES JÚNIOR, S. S.; SANTOS, V. M. N. dos (Ed.). **Curso de uso de sensoriamento remoto no estudo do meio ambiente.** São José dos Campos: INPE, 2002. cap. 8, p. 27.

PONZONI, F. J; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação.** São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009. 127 p

PONZONI, F. J; SHIMABUKURO, Yosio Edemir; KUPLICH, Tatiana Mora. **Sensoriamento remoto da vegetação.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 176 p.

PREFEITURA MUNICIPAL de CARIACICA - PMC, Secretaria de Planejamento, 2010.

RADAMBRASIL – **Levantamentos de Recursos Naturais Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso Potencial da Terra.** V. 32, Folhas SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória. IBGE, 1983. 775p.

RAO, P. D. Remote sensing of urban heat islands from an environmental satellite. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 1972, 53, 647– 648.

REIS, L. C. T.. **Descentralização e Desdobramento do Núcleo Central de Negócios na Cidade Capitalista: estudo comparativo entre Campo Grande e Praia do Canto, na Grande Vitória-Es.** Rio de Janeiro: Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2007.

RENNÓ, C. D. **Avaliação das Incertezas nas Classificações de Máxima Verossimilhança e Contextual de Modas Condicionais Iterativas em Imagens JERS na região de Tapajós, Estado do Pará.** São José Dos Campos - SP: INPE, 1998.

ROMANELLI, M; STELZER P. **Agenda Cariacica 2010-2030. Meio Urbano e Rural: Uso d Ocupação Do Solo d Habitação.** Cariacica, 2012.

ROMERO, M. A. B. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano.** São Paulo: Projeto, 2000, 2ª edição, 128p.

ROTH, M., OKE, T.R. and EMERY, W.J. (1989) Satellite-Derived Urban Heat Islands from Three Coastal Cities and the Utilization of Such Data in Urban Climatology. **International Journal of Remote Sensing**, 10, 1699-1720.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira.** 5. ed. - São Paulo: EDUSP, 2008.

SARAIVA, A. L. B. da C.. **O clima urbano de Mossoró (RN): o subsistema termodinâmico.** 2014. 234 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

SAYDELLES, A.P. **Estudo do Campo Térmico das Ilhas de Calor Urbano em Santa Maria - RS.** 2005. 219 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

SILVA, J. P. **Análise do comportamento térmico da superfície do Aglomerado Urbano da região metropolitana de Curitiba durante os anos de 1985 a 2010 a partir do satélite Landsat-5.** 169 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, 2014.

SILVA, J. X. da. A pesquisa ambiental no Brasil: uma visão crítica. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro: IBGE, n. 14, p. 15-27, abr./jun. 1995. Disponível em: . Acesso em: 12 dez. 2015.

SOBRINO, J. A. et al. Evaluation of the surface urban heat island effect in the city of Madrid by thermal remote sensing. **International Journal Of Remote Sensing**, [s.l.], v. 34, n. 9-10, p.3177-3192, maio 2013. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2012.716548>.

TOMLINSON, C. J. et al. Remote sensing land surface temperature for meteorology and climatology: a review. **Meteorological Applications**, [s.l.], v. 18, n. 3, p.296-306, 2011. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/met.287>.

USGS - SURVEY, Department Of The Interior U.s. Geological. **Landsat 8 (L8) Data Users Handbook.** Dakota do Sul: Usgs, 2015.

USGS. **Frequently Asked Questions about the Landsat Missions.** 2015. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php>. Acesso em: 25 mar. 2016.

USGS. **Landsat—Earth Observation Satellites.** 2015. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/fs/2015/3081/fs20153081.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2016

USGS. **Landsat 8 (L8) Data Users Handbook - Section 1.** 2016. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/l8handbook_section1.php>. Acesso em: 28 maio 2016.

VALE, C. C do. Teoria Geral do Sistema: Histórico e Correlações com a Geografia e com o Estudo da Paisagem. **Entre-lugar**, Dourados, v. 6, n. 3, p.85-108, 2012.

VAREJÃO SILVA, M.A. **Meteorologia e Climatologia.** INMET: Brasília, 2005. 515p.

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. Compete urban surface temperatures. **Journal of applied meteorology**, New York, v. 36, n. 9, p. 1117–1132, 1997.

VOOGT, J. A.; OKE, T.R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing Of Environment**, v. 81,p.370-384, dez. 2003.

YOUNG, A. F. **Aplicação de Índices Relativos de Vegetação d Temperatura Para Estudo das Mudanças do Uso d Ocupação do Solo: Estudo De Caso De Curitiba (Pr), 1986 A 2002.** 2005. 112 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

ZAVATTINI, J. A. O uso de cartas sinóticas nos estudos de Climatologia Geográfica. In: SILVA, C. A. da; FIALHO, E. S; STEINKE, E. T. (Org.). **Experimentos em Climatologia Geográfica.** Dourados: UFGD, 2014. Cap. 13. p. 243-269.